

Rec'd PC TO 15 JUN 2005

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-141386

(43)Date of publication of application : 25.05.1999

(51)Int.Cl.

F02D 41/38  
F02D 1/02

(21)Application number : 09-320615

(71)Applicant : ISUZU MOTORS LTD

(22)Date of filing :

07.11.1997

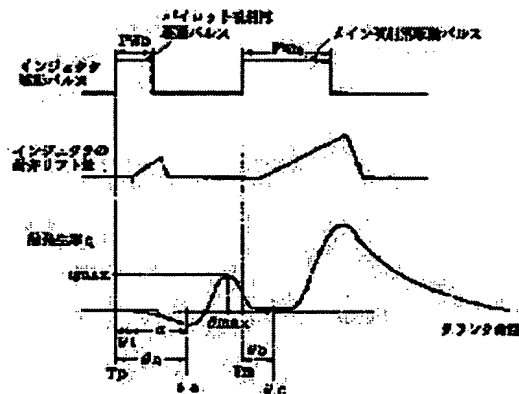
(72)Inventor : SAITO MASAOKI

## (54) METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING PILOT FUEL INJECTION QUANTITY FOR ENGINE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve stable operation of an engine and exhaust gas performance by a method wherein a pilot injection quantity is controlled so that a peak value of a heat generating factor along with pilot injection calculated based on a pressure in a combustion chamber coincides with a target peak value.

SOLUTION: A peak value  $q_{max}$  of a heat generating factor  $q$  is calculated as a maximum value of a heat generating factor during a calculating period between crank angles  $\theta_s$  and  $\theta_e$ . Based on a deviation between the peak value  $q_{max}$  of the calculating pilot heat generating factor  $q$  and a pilot heat generating factor  $q$  predetermined according to the operation stage of an engine, the pulse width  $PW_p$  of a drive pulse for pilot injection is effected, the generation of engine noise is suppressed and exhaust gas performance is improved.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other]

than the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-141386

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月25日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

F 0 2 D 41/38  
1/02

識別記号

3 0 1

F I

F 0 2 D 41/38  
1/02

B

3 0 1 L

審査請求 未請求 請求項の数10 FD (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願平9-320615

(22) 出願日 平成9年(1997)11月7日

(71) 出願人 000000170

いすゞ自動車株式会社

東京都品川区南大井6丁目26番1号

(72) 発明者 西頭 昌明

神奈川県藤沢市土棚8番地 株式会社い

すゞ中央研究所内

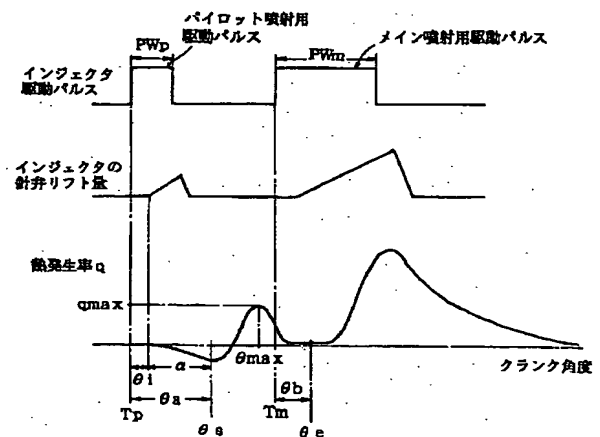
(74) 代理人 弁理士 尾仲 一宗 (外1名)

(54) 【発明の名称】 エンジンにおけるパイロット燃料噴射量制御方法及びその装置

(57) 【要約】

【課題】 この発明は、燃焼室内圧力に基づいて計算したパイロット噴射に伴う熱発生率のピーク値が目標ピーク値と一致するようにパイロット噴射量を制御して、エンジンの安定した運転と排気ガス性能の向上を図る。

【解決手段】 インジェクタによる燃焼室内へのパイロット噴射に応じて生じる熱発生率 $q$ のピーク値 $q_{max}$ を、クランク角で $\theta_s$ から $\theta_e$ まで計算期間の熱発生率の最大値として算出する。算出されたパイロット熱発生率 $q$ のピーク値 $q_{max}$ とエンジンの運転状態に応じて予め決められているパイロット熱発生率 $q$ の目標ピーク値との偏差に基づいて、偏差が無くなるようにパイロット噴射用駆動パルスのパルス幅 $PW_p$ が補正される。パイロット噴射による噴射燃料の燃焼が良好に行われ、エンジン騒音の抑制と排気ガス性能の向上が図られる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 インジェクタから燃焼室内へ噴射される燃料をメイン噴射と前記メイン噴射に先行するパイロット噴射とに分割して噴射し、逐次検出される前記燃焼室内の圧力に基づいて前記燃焼室内における熱発生率を計算し、前記熱発生率から前記パイロット噴射において噴射された前記燃料の着火に伴って生じるパイロット熱発生率のピーク値を算出し、前記エンジンの運転状態に基づいて予め決められている前記パイロット熱発生率の目標ピーク値から現在の前記エンジンの前記運転状態に応じた前記パイロット熱発生率の前記目標ピーク値を求め、前記パイロット熱発生率の前記ピーク値と前記目標ピーク値との偏差をなくすように前記パイロット噴射によって噴射されるパイロット燃料噴射量を補正することから成るエンジンにおけるパイロット燃料噴射量制御方法。

【請求項2】 前記燃焼室内の容積が逐次求められ、前記燃焼室内の前記熱発生率は、逐次検出された前記燃焼室内の前記圧力及び逐次求められた前記燃焼室内の前記容積並びにそれらの変化率から計算されることから成る請求項1に記載のエンジンにおけるパイロット燃料噴射量制御方法。

【請求項3】 前記パイロット熱発生率の前記ピーク値は、前記パイロット噴射を行うために前記インジェクタにパイロット噴射用駆動パルスが供給されるパイロット噴射時期から開始遅れが経過した計算開始時期と、前記メイン噴射を行うために前記インジェクタにメイン噴射用駆動パルスが供給されるメイン噴射時期から終了遅れが経過した計算終了時期との間の計算期間における前記熱発生率の最大値として求められることから成る請求項1又は2に記載のエンジンにおけるパイロット燃料噴射量制御方法。

【請求項4】 前記開始遅れは、前記パイロット噴射時期から前記インジェクタが実際に前記パイロット噴射を開始するまでの前記インジェクタの噴射遅れと前記インジェクタから前記パイロット噴射として噴射された前記燃料が着火するまでの着火遅れとを合計した遅れであり、前記終了遅れは、前記メイン噴射時期から前記インジェクタが実際に前記メイン噴射を開始するまでの前記インジェクタの噴射遅れと前記インジェクタから前記メイン噴射として噴射された前記燃料が着火するまでの着火遅れとを合計した遅れであることから成る請求項3に記載のエンジンにおけるパイロット燃料噴射量制御方法。

【請求項5】 前記インジェクタに供給された前記燃料は、前記インジェクタに備わる電磁アクチュエータの駆動にตอบสนองして針弁がリフトすることで前記インジェクタの先端に形成された噴孔が開放されることにより行われ、前記パイロット燃料噴射量は、前記インジェクタの前記電磁アクチュエータへの駆動パルス幅を変更するこ

とにより補正されることから成る請求項1～4のいずれか1項に記載のエンジンにおけるパイロット噴射量制御方法。

【請求項6】 燃料流路を通じて供給された燃料をエンジンの燃焼室内に噴射するインジェクタ、及び前記燃料をメイン噴射と前記メイン噴射に先行するパイロット噴射とに分割して噴射するように前記インジェクタの駆動を制御するコントローラを具備し、前記コントローラは、逐次検出する前記燃焼室内の圧力に基づいて前記燃焼室内における熱発生率を計算し、前記熱発生率から前記パイロット噴射において噴射された前記燃料の着火に伴って生じるパイロット熱発生率のピーク値を算出し、前記エンジンの運転状態に基づいて予め決められている前記パイロット熱発生率の目標ピーク値から現在の前記エンジンの前記運転状態に応じた前記パイロット熱発生率の前記目標ピーク値を求め、前記パイロット熱発生率の前記ピーク値と前記目標ピーク値との偏差をなくすように前記パイロット噴射によって噴射されるパイロット燃料噴射量を補正することから成るエンジンにおけるパイロット燃料噴射量制御装置。

【請求項7】 前記コントローラは、前記燃焼室内の容積を逐次求めると共に、逐次検出された前記燃焼室内の前記圧力及び逐次求めた前記燃焼室内の前記容積並びにそれらの変化率から前記燃焼室内の前記熱発生率を計算することから成る請求項6に記載のエンジンにおけるパイロット燃料噴射量制御装置。

【請求項8】 前記コントローラは、前記パイロット熱発生率の前記ピーク値を、前記パイロット噴射を行うために前記インジェクタにパイロット噴射用駆動パルスが供給されるパイロット噴射時期から開始遅れが経過した計算開始時期と、前記メイン噴射を行うために前記インジェクタにメイン噴射用駆動パルスが供給されるメイン噴射時期から終了遅れが経過した計算終了時期との間の計算期間における前記熱発生率の最大値として求めることから成る請求項6又は7に記載のエンジンにおけるパイロット燃料噴射量制御装置。

【請求項9】 前記開始遅れは、前記パイロット噴射時期から前記インジェクタが実際に前記パイロット噴射を開始するまでの前記インジェクタの噴射遅れと前記インジェクタから前記パイロット噴射として噴射された前記燃料が着火するまでの着火遅れとを合計した遅れであり、前記終了遅れは、前記メイン噴射時期から前記インジェクタが実際に前記メイン噴射を開始するまでの前記インジェクタの噴射遅れと前記インジェクタから前記メイン噴射として噴射された前記燃料が着火するまでの着火遅れとを合計した遅れであることから成る請求項8に記載のエンジンにおけるパイロット燃料噴射量制御装置。

【請求項10】 前記インジェクタは、電磁アクチュエータ、前記電磁アクチュエータが駆動されたことに応答

してリフトする針弁、前記インジェクタの先端に形成され且つ前記針弁がリフトすることにより開放される噴孔とを備えており、前記パイロット燃料噴射量は、前記インジェクタの前記電磁アクチュエータへの駆動パルス幅を変更することにより補正されることから成る請求項6～9のいずれか1項に記載のエンジンにおけるパイロット噴射量制御装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、メイン噴射に先行してパイロット噴射が燃焼室内に噴射されるエンジンのパイロット燃焼噴射量制御方法及びその装置に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】ディーゼルエンジンにおいては、燃料噴射制御に関して、燃料噴射圧力の高圧化を図り、且つ燃料の噴射タイミング及び噴射量等の噴射特性をエンジンの運転状態に応じて最適に制御する方法として、コモンレール式燃料噴射システムが知られている。コモンレール式燃料噴射システムは、燃料ポンプによって所定圧力に加圧された燃料を複数のインジェクタに対して共通するコモンレールに貯留し、コモンレールに貯留した燃料をコントローラの制御の下で各インジェクタから対応する燃焼室内に噴射する燃料噴射システムである。コントローラは、各インジェクタにおいて燃料がエンジンの運転状態に対して最適な噴射条件で噴射されるように、コモンレールの燃料圧と各インジェクタに設けられた制御弁の作動とを制御している。エンジンの運転を最適に制御するため、コモンレール燃料噴射システムでは、エンジンの運転状態に応じて予め決められた燃料噴射量及び燃料噴射時期をマップ化してコントローラに記憶させておき、このマップ化して記憶された燃料噴射量及び燃料噴射時期から現在のエンジンの運転状態に対応した目標燃料噴射量及び目標燃料噴射時期を求め、求められた目標燃料噴射量及び目標燃料噴射時期と現在の燃料噴射量及び燃料噴射時期との偏差に基づいて、インジェクタの燃料噴射弁を電子的に制御して、インジェクタに形成された噴孔から燃料を噴射している。

【0003】インジェクタ3の構造を図21を参照して簡単に説明する。図21は、インジェクタの縦断面図である。インジェクタ3は、シリンダヘッド等のベースに設けられた穴部にシール部材によって密封状態に取付けられるものであるが、シリンダヘッド等の構造については図示を省略している。インジェクタ3の上側側部には燃料入口継手60を介して、コモンレールから分岐した分岐管23が接続されている。インジェクタ3の本体内部には、燃料通路61、62が形成されており、分岐管23及び燃料通路61、62から燃料流路が構成されている。燃料流路を通じて供給された燃料は、燃料溜まり63及び針弁64の周囲の通路を通じて、針弁64のリ

フト時に開く噴孔65から燃焼室内に噴射される。

【0004】インジェクタ3には、針弁64のリフトを制御するために、バランスチャンバ式の針弁リフト機構が設けられている。即ち、インジェクタ3の最上部には、電磁アクチュエータ66が設けられており、コントローラ37からの制御信号としての制御電流が、信号線67を通じて電磁アクチュエータ66の電磁ソレノイド68に送られる。電磁ソレノイド68が励磁されると、アーマチュア69が上昇して、燃料路71の端部に設けられた開閉弁72を開くので、燃料流路からバランスチャンバ70に供給された燃料の燃料圧が燃料路71を通じて解放される。インジェクタ3の本体内部に形成された中空穴73内には、コントロールピストン74が昇降可能に設けられている。低下したバランスチャンバ70内の圧力に基づく力とリターンスプリング75のばね力とによってコントロールピストン74に働く押下げ力よりも、燃料溜まり63に臨むテーパー面76に作用する燃料圧に基づいてコントロールピストン74を押し上げる力が勝るため、コントロールピストン74は上昇する。その結果、針弁64のリフトが許容され、噴孔65から燃料が噴射される。燃料噴射量は、燃料流路内の燃料圧と針弁のリフト（リフト量、リフト期間）とによって定められる。針弁64のリフトは、開閉弁72の開閉制御をするために電磁ソレノイド68へ送られる制御電流としての駆動パルスによって決定される。なお、針弁64の弁軸77は、ノズル78の中空穴79内を僅かな隙間を摺動可能であり、弁軸77の先端に形成されているテーパー部80がノズル78の対応したテーパー部に当接して噴孔65を開閉可能としている。

【0005】一般に、図22にインジェクタ3の燃料噴射量 $Q$ とコントローラ37から電磁ソレノイド68に供給される噴射パルス幅 $W$ との関係が、燃料圧力 $P_{cr}$ （コモンレール2内の燃料圧力）をパラメータとして示されている。燃料圧力 $P_{cr}$ を一定とすると、噴射パルス幅 $W$ が大きいほど燃料噴射量 $Q$ は多くなり、また、同じ噴射パルス幅 $W$ であっても、燃料圧力 $P_{cr}$ が大であるほど燃料噴射量 $Q$ は大きくなる。一方、燃料噴射は噴射パルスの立ち上がり時刻と立ち下がり時刻に対して一定時間遅れて開始又は停止されるので、噴射パルスがオン又はオフとなる時期を制御することによって、噴射タイミングを制御することができる。

【0006】ところで、ディーゼルエンジンは、アイドルリング運転のような低速、低負荷の運転状態にあるときに燃焼騒音を生じやすい。かかる燃焼騒音は、燃料の着火遅れに起因して発生するものである。そのため、燃焼騒音に対処する手段として、燃焼サイクルにおける総燃料噴射量のうち一部の量の燃料をメイン噴射に先行して行うパイロット噴射（予備噴射）で噴射することが有効であることが知られている。パイロット噴射によって噴射された燃料を燃焼させることによって燃焼室の壁面の

温度を十分に高めておき、その後に残りの主たる燃料量を噴射（メイン噴射）するので、遅れたタイミングで生じる急激な燃料の燃焼、即ち、メイン噴射の着火遅れを回避することができる。また、燃料の噴射をパイロット噴射とメイン噴射とに分割しているので、初期燃焼が抑制され、 $\text{NO}_x$ の低減も図ることできる。即ち、燃焼初期にある程度の混合気が燃焼され、メイン噴射によって燃焼する混合気の量が少なくなるので、燃焼ガス温度を抑えることができ、 $\text{NO}_x$ の発生量が減少する。

【0007】しかしながら、各気筒に設けられるインジェクタ3の燃料噴射特性には、インジェクタ3の加工誤差や組立誤差、コモンレールとインジェクタ3とを接続する分岐管23の長さ等の諸要因による個体差があるので、各インジェクタ3において実際に噴射される燃料量（以下、実燃料噴射量という）にはバラツキがあり、実燃料噴射量を目標燃料噴射量に一致させることが困難である。

【0008】このように、パイロット噴射は、燃焼騒音と $\text{NO}_x$ の発生とを防止する点で有効な手段ではあるが、燃料噴射量が極めて少なくなるアイドル運転状態では、図22に示すように、コモンレール圧力 $P_c$ の大きさと噴射パルス幅 $W$ とによって燃料噴射量 $Q$ を制御することが困難となる。即ち、燃料噴射量が大きい領域ではコモンレール圧力 $P_{cr}$ をパラメータとして変更することにより、又インジェクタ3の電磁アクチュエータに供給する噴射パルス幅 $W$ を変えることで燃料噴射量を有効に制御することができるが、燃料噴射量が小さい領域ではコモンレール圧力 $P_{cr}$ も噴射パルス幅 $W$ も燃料噴射量を細かく制御することが困難である。

【0009】この事情は、図23に示すように、目標燃料噴射量が大きな値である（ $Q_1$ ）場合、同じ噴射パルス幅であっても、燃料噴射量のバラツキ範囲 $\Delta Q_1$ の目標燃料噴射量 $Q_1$ に対する割合（ $\Delta Q_1 / Q_1$ ）は比較的小さい値であるが、パイロット噴射の場合には燃料噴射量 $Q_2$ が小さい値であるので、同じパイロット噴射パルス幅であるときの燃料噴射量のバラツキ範囲 $\Delta Q_2$ の目標燃料噴射量 $Q_2$ に対する割合は非常に大きくなることから理解され得る。

【0010】したがって、元来、燃料噴射量が少ないパイロット噴射では、かかる各インジェクタ3の燃料噴射特性のバラツキにより、パイロット噴射としての役割を果たすことができないことがある。更に、コモンレールから各インジェクタ3への燃料流量特性に経時変化が生じる場合もあり、パイロット噴射の役割が、当初は期待できても時間の経過に伴って果たせなくなる可能性もある。パイロット噴射に関しては以上のような現象があるため、パイロット噴射を行おうとしても一部の気筒ではパイロット噴射が行われないことがあり、パイロット噴射による燃焼騒音と $\text{NO}_x$ の低減効果が減少してしまうという問題点がある。

【0011】ところで、ディーゼルエンジンの燃焼噴射制御装置として、パイロット噴射された燃料の燃焼のピーク及びその近傍を検出してメイン噴射の開始時期が、パイロット噴射による燃料の燃焼ピークあるいはその近傍となるように、メイン噴射時期とパイロット噴射時期のいずれか一方又は双方を制御するものが提案されている（特開平2-95751号公報）。パイロット噴射又はメイン噴射された燃料の燃焼のピークの検出は、燃焼室内の圧力波形を検出して圧力波形を熱発生率に置き換え、熱発生パターンからパイロット噴射又はメイン噴射に対応した熱発生ピークを検出することにより行われる。

【0012】また、エンジンの燃焼騒音を減少させる目的で、パイロット噴射時期を制御するものとして特開昭62-17343号公報に開示されたものがある。エンジンの近傍に騒音レベルを検出するセンサを取り付け、パイロット噴射時期を僅かに進めるか後退させるかによって騒音レベルの増減を検出し、エンジン騒音が最小となる方向にパイロット噴射時期をフィードバック制御している。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】そこで、エンジンにおいては、パイロット噴射によって必要な量の燃料が噴射されているかどうかを検出し、その検出結果に基づいて個々のインジェクタの燃料噴射特性にバラツキや経時変化があった場合でも、パイロット噴射において必要なパイロット噴射量を確保することができないかという課題がある。

【0014】

【課題を解決するための手段】この発明の目的は、上記問題を解決することであって、インジェクタから噴射された燃料が着火・燃焼するエンジンにおいて、パイロット噴射とメイン噴射とによって噴射された燃料が着火することによって変化する燃焼室内圧力を検出し、燃焼室内圧力に基づいて熱発生率を計算することで、パイロット噴射による燃料の着火・燃焼が十分行われているかを知ることができることに着目して、その計算結果に基づいてパイロット噴射によって噴射された燃料が着火・燃焼することによって現れる熱発生率（以下、パイロット熱発生率という）が所定のレベルになるようにインジェクタのアクチュエータを駆動するパイロット噴射パルス幅を補正することにより、個々のインジェクタの燃料噴射特性にバラツキや経時変化があった場合でも、パイロット噴射において必要な燃料量の噴射を行わせることを可能にするパイロット噴射量制御方法及びその装置を提供することである。

【0015】この発明は、インジェクタから燃焼室内へ噴射される燃料をメイン噴射と前記メイン噴射に先行するパイロット噴射とに分割して噴射し、逐次検出される前記燃焼室内の圧力に基づいて前記燃焼室内における熱

発生率を計算し、前記熱発生率から前記パイロット噴射において噴射された前記燃料の着火に伴って生じるパイロット熱発生率のピーク値を算出し、前記エンジンの運転状態に基づいて予め決められている前記パイロット熱発生率の目標ピーク値から現在の前記エンジンの前記運転状態に応じた前記パイロット熱発生率の前記目標ピーク値を求め、前記パイロット熱発生率の前記ピーク値と前記目標ピーク値との偏差をなくすように前記パイロット噴射によって噴射されるパイロット燃料噴射量を補正することから成るエンジンにおけるパイロット燃料噴射量制御方法に関する。

【0016】また、この発明は、燃料流路を通じて供給された前記燃料をエンジンの燃焼室内に噴射するインジェクタ、及び前記燃料をメイン噴射と前記メイン噴射に先行するパイロット噴射とに分割して噴射するように前記インジェクタの駆動を制御するコントローラを具備し、前記コントローラは、逐次検出する前記燃焼室内の圧力に基づいて前記燃焼室内における熱発生率を計算し、前記熱発生率から前記パイロット噴射において噴射された前記燃料の着火に伴って生じるパイロット熱発生率のピーク値を算出し、前記エンジンの運転状態に基づいて予め決められている前記パイロット熱発生率の目標ピーク値から現在の前記エンジンの前記運転状態に応じた前記パイロット熱発生率の前記目標ピーク値を求め、前記パイロット熱発生率の前記ピーク値と前記目標ピーク値との偏差をなくすように前記パイロット噴射によって噴射されるパイロット燃料噴射量を補正することから成るエンジンにおけるパイロット燃料噴射量制御装置に関する。

【0017】この発明によるエンジンにおけるパイロット燃料噴射量制御方法及びその装置によれば、逐次検出する燃焼室内の圧力に基づいて燃焼室内における熱発生率が計算され、熱発生率からパイロット噴射において噴射された燃料の着火に伴って生じるパイロット熱発生率のピーク値が算出される。一方、エンジンの運転状態に基づいて予め決められているパイロット熱発生率の目標ピーク値から現在のエンジンの運転状態に応じたパイロット熱発生率の目標ピーク値が求められている。パイロット噴射によって噴射されるパイロット燃料噴射量を補正することによって、パイロット熱発生率のピーク値は目標ピーク値と一致するように制御されるので、個々のインジェクタの燃料噴射特性にバラツキや経時変化があった場合でも、パイロット噴射において必要なパイロット噴射量が常に確保され、エンジンの作動安定性や排気ガス性能等を良好に維持することが可能となる。

【0018】また、この発明によるエンジンにおけるパイロット燃料噴射量制御方法及びその装置において、前記燃焼室内の容積が逐次求められ、燃焼室内の熱発生率は、逐次検出された燃焼室内の圧力及び逐次求められた燃焼室内の容積並びにそれらの変化率から計算される。

【0019】また、この発明によるエンジンにおけるパイロット燃料噴射量制御方法及びその装置において、前記パイロット熱発生率のピーク値は、パイロット噴射を行うためにインジェクタにパイロット噴射用駆動パルスが供給されるパイロット噴射時期から開始遅れが経過した計算開始時期と、メイン噴射を行うためにインジェクタにメイン噴射用駆動パルスが供給されるメイン噴射時期から終了遅れが経過した計算終了時期との間の計算期間として、その計算期間内における熱発生率の最大値として求められる。

【0020】また、この発明によるエンジンにおけるパイロット燃料噴射量制御方法及びその装置において、開始遅れは、パイロット噴射時期からインジェクタが実際にパイロット噴射を開始するまでのインジェクタの噴射遅れとインジェクタからパイロット噴射として噴射された燃料が着火するまでの着火遅れとを合計した遅れであり、終了遅れは、メイン噴射時期からインジェクタが実際にメイン噴射を開始するまでのインジェクタの噴射遅れとインジェクタからメイン噴射として噴射された燃料が着火するまでの着火遅れとを合計した遅れである。

【0021】更に、この発明によるエンジンにおけるパイロット燃料噴射量制御方法及びその装置において、前記インジェクタに供給された燃料は、インジェクタに備わる電磁アクチュエータの駆動に応答して針弁がリフトすることでインジェクタの先端に形成された噴孔が開放されることにより行われ、パイロット燃料噴射量は、インジェクタの電磁アクチュエータへの駆動パルス幅を変更することにより補正される。例えば、前記インジェクタの電磁アクチュエータへの駆動パルス幅の補正量は、前回の駆動パルス幅の補正量を最大熱発生率と目標最大熱発生率との偏差に基づいて補正することで求められる。更に、エンジンの運転状態に応じて求められたパイロット噴射量に基づいて計算された電磁アクチュエータへの駆動パルス幅を今回の駆動パルス幅の補正量で補正したものが、前記インジェクタの電磁アクチュエータへの最終駆動パルス幅として設定される。

#### 【0022】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、この発明によるパイロット噴射量制御方法及びその装置について説明する。図1はこの発明によるパイロット噴射量制御装置が適用されたエンジンの一実施例を示す模式図、図2はクランク角度の経過に応じた筒内圧力、燃料噴射率、及び熱発生率の変化の様子を示したグラフ、図3はクランク角度の経過に伴う各インジェクタでの筒内圧力及びデータ処理等の概要を示すグラフである。なお、インジェクタ3の構造等、既に知られているものも、この発明と矛盾しないかぎりこの発明の実施例として採用し得るものであり、適宜、実施例の説明に用いる。

【0023】この発明によるエンジンのパイロット噴射量制御方法及びその装置が適用されるコモンレール式燃

料噴射システムの概要が、図1に示されている。このコ  
モンレール式燃料噴射システムでは、エンジンは4気筒  
エンジンである。シリンダ2内に形成される燃焼室（図  
示せず）にそれぞれ燃料を噴射するインジェクタ31、  
32、33、34（総称するときは3を用いる）への燃  
料供給は、コモンレール22から、燃料流路の一部を構  
成する分岐管23を通じて行われる。フィードポンプ2  
6は、燃料タンク24からフィルタ25を通過させて吸  
い出した燃料を所定の圧力に加圧し、加圧した燃料を燃  
料管27を通じて燃料ポンプ20に送り込む。燃料ポン  
プ20は、例えばエンジンによって駆動され、燃料をエ  
ンジンの運転状態等に基づいて定められる高圧に昇圧し  
て燃料管29を通じてコモンレール22に供給する、所  
謂、プランジャ式のサプライ用の燃料供給ポンプであ  
る。燃料は所定圧力に昇圧した状態でコモンレール22  
に貯留され、コモンレール22から各インジェクタ3に  
供給される。インジェクタ3は、電子制御ユニットであ  
るコントローラ37の制御の下で、燃料を適当な噴射時  
期及び噴射量で対応する燃焼室内に噴射する。インジェ  
クタ3から噴射される燃料の噴射圧力はコモンレール2  
2に貯留されている燃料の圧力、即ち、コモンレール圧  
力に略等しいので、噴射圧力を制御するにはコモンレ  
ール圧力が制御される。燃料ポンプ20からリリーフされ  
た燃料は、戻し管35を通じて燃料タンク24に戻され  
る。また、分岐管23からインジェクタ3に供給された  
燃料のうち、燃焼室への噴射に費やされなかった燃料  
は、戻し管36を通じて燃料タンク24に戻される。

【0024】コントローラ37には、エンジン回転速度  
Neを検出するためのクランク角度センサ10、アクセル  
開度量Accを検出するためのアクセル開度センサ1  
1、コモンレール22に設けられてコモンレール22内  
の燃料圧力（コモンレール圧力）を検出するコモンレ  
ール圧力センサ12、並びに冷却水温度を検出するた  
めの水温センサ13等のエンジンに関する運転状態を検出  
するための各種センサからの信号が入力されている。これ  
らセンサ以外にも、例えば、吸気管内圧力を検出するた  
めの吸気管内圧力センサを含めることができる。コント  
ローラ37は、これらの信号に基づいて、エンジン出力  
が運転状態に即した最適出力になるように、各インジェ  
クタ3による燃料の噴射特性、即ち、燃料の噴射時期及  
び噴射量を制御する。インジェクタ3から燃料が噴射さ  
れることでコモンレール22内の燃料が消費されても、  
コントローラ37は、コモンレール圧力Pcrが一定と  
なるように燃料ポンプ20の吐出量を制御する。

【0025】図1に示される多気筒エンジン1は、4気  
筒エンジンである。4つの気筒#1～#4には、それぞ  
れ、シリンダ2内に形成される燃焼室（図示せず）に燃  
料を噴射するインジェクタ31、32、33、34（総  
称する時には3を用いる）と、燃焼室内の圧力（筒内圧  
力）を検出する圧力検出手段としての筒内圧力センサ4

1、42、43、44（総称する時には4を用いる）と  
が配設されている。筒内圧力センサ4は、各気筒#1～  
#4の燃焼室に臨んで取り付けられている。筒内圧力セ  
ンサ4が検出した各気筒#1～#4の筒内圧力を表す信  
号は、コントローラ37に入力される。また、多気筒エ  
ンジン1に設けられてエンジンの回転に関する情報を得  
るセンサ、即ち、基準となる気筒を判別する気筒判別セ  
ンサ8、圧縮上死点前のクランク角度位置を検出するB  
TDC（before top dead center）センサ9及びクランク角度センサ10がそれぞれ検  
出した信号も、コントローラ37に入力される。

【0026】図2は、クランク角度に対する、筒内圧力  
（燃焼室内圧力）Pc、燃料噴射率Rf、及び熱発生率  
qの変化の様子を示したグラフである。燃料噴射が行わ  
れない場合の筒内圧力Pcの変化は、クランク角度の変  
化に伴って、筒内圧力Pcのピークに対して対称的な変  
化をするが、時刻T0に燃料噴射が行われて且つ噴射さ  
れた燃料が着火すると、筒内圧力Pcの上昇が若干緩や  
かになり、その後大きく増加する。この急上昇する筒内  
圧力Pcから燃料着火時期としてのクランク角度を正確  
に求めることは困難である。なお、中段のグラフに示す  
燃料噴射率Rfは、初期噴射とメイン噴射との二つのピー  
クを持つように噴射制御されている。

【0027】図3は、クランク角度の経過に伴う筒内圧  
力の変化及び各種信号の発生状況の概要を示すグラフで  
ある。エンジンが4サイクルエンジンであるので、ク  
ランク角1°毎に1をカウントするクランク角度のカウ  
ント値θは、#1気筒の圧縮上死点で0であり、クランク  
軸の2回転、即ち、カウント値719で一巡する。図3  
の上段の4つのグラフは、それぞれ気筒#1～#4のク  
ランク角度のカウント値θの経過に伴う筒内圧力Pcの  
変化を表している。エンジン1は4気筒であるので、気  
筒番号nを列の並びに従って#1～#4とすると、燃焼  
順序iは、表1に示すように、#1→#3→#4→#2  
の順となる。

【表1】

燃焼順序 i	気筒番号 n
1	#1
2	#3
3	#4
4	#2

各気筒#1～#4では、上記の順に次々と圧縮・爆発行  
程を迎えて燃焼が行われ、ある気筒が爆発行程を経過す  
るときに、次の気筒は圧縮行程に入っている。エンジ  
ンの回転に関する各センサの出力が、図3の中段のグラフ  
に示されている。#1の気筒は基準気筒であるので、圧  
縮上死点前120°で気筒判別（REF）信号が出力さ  
れる。また、各気筒の圧縮上死点前60°でBTDC信



号が出力される。#1気筒については、圧縮上死点前180°から圧縮上死点後180°まで、即ち、クランク角度のカウント値 $\theta$ にして540以上で180未満であるときに#1気筒が圧縮・爆発行程を迎えるので、この期間に大きく変化する筒内圧力 $P_c$ が検出され且つその検出データが格納される。格納されたデータに基づいて圧縮上死点後180°からの所定の時間内にメイン処理が演算され、次のBTDC割込み信号に基づいてインジェクタ31の処理が行われる。図3の下段のグラフは、クランク角度のカウント値 $\theta$ の増加に従って各気筒#1～#4における各インジェクタ3の処理の順序及びタイミングを概略的に示している。

【0028】このエンジンのコントローラ37を中心とする各種のセンサとインジェクタ3との関係が図4に示されている。図4はエンジンの回転に関する各種センサ及び筒内圧センサからの検出信号を受けて、各インジェクタへの制御信号を出力する多気筒エンジンのパイロット噴射量制御を含む燃料噴射制御を行うコントローラ37のブロック図である。エンジン1の回転センサは、気筒#1～#4のうち基準となる気筒、例えば#1の上死点前120°の位置を判別する気筒判別(REF)センサ8と、各気筒#1～#4の爆発行程の上死点前60°を検出するBTDC(before top dead center)センサ9と、クランク角度を1°毎に検出するクランク角度センサ10とから成る。気筒判別センサ8とBTDCセンサ9とは、エンジン1は4サイクルエンジンであるので、クランク軸が2回転する間に、それぞれ、4つのBTDC信号と1つのREF信号とを発するように、燃料ポンプ20の駆動軸又は吸排気弁駆動用のカム軸に関連して配置されている。気筒判別REFセンサが検出した気筒判別信号及びクランク角度センサが検出したクランク角度信号は、CPU14へ入力されると平行に、DSP(digital signal processor)15にも入力される。DSP15は、入力された信号を高速で加減算することができる。

【0029】コントローラ37においては、上記のエンジン1の回転に関する各センサ8～10に加えて、エンジン1の運転状態を表すものとして、アクセル開度センサ11、コモンレール等の圧力を検出するコモンレール圧力センサ12、及びエンジン1の冷却を行う冷却水の温度を検出する水温センサ13、或いは吸気圧力センサからの検出信号が中央処理装置(CPU)14に入力される。

【0030】CPU14とDSP15との間のデータのやり取りは、CPU14とDSP15とのどちら側からも読み書きが可能な共通RAMであるデュアルポートメモリ16を介して行われる。CPU14とデュアルポートメモリ16との間はCPUバス17を通じて接続されており、DSP15とデュアルポートメモリ16との間

はDSPバス18を通じて接続されている。筒内圧力 $P_c$ を検出する筒内圧力センサ4は、気筒#1～#4の各燃焼室に臨んで設けられている筒内圧力センサ41～44であり、筒内圧力 $P_c$ を大気圧との相対圧力(ゲージ圧力)として検出する。筒内圧力センサ41～44が検出した筒内圧力のアナログ信号は、AD変換器19に入力されてデジタル信号に変換され、DSPバス18を通じてDSP15に送られる。

【0031】CPU14は、各センサ8～13から直接に入力されるエンジン1の運転状態を表す情報と、筒内圧力センサ41～44からの筒内圧力に関してDSP15で処理された結果等とに基づいて演算を行い、各気筒#1～#4にそれぞれ対応して設けられているインジェクタ31～34の燃料噴射時期や燃料噴射量等の燃料噴射に関する制御を行う。DSP15は、筒内圧力 $P_c$ に関するデジタル信号の加減算の処理を高速で行う。この処理はデジタル処理であるので、筒内圧力 $P_c$ の微分や積分も同様に高速で演算することができる。また、CPU15は、コモンレールの圧力を制御するため可変式の燃料ポンプ20の吐出量を制御し、排気ガス循環量を制御するためEGRバルブ21を制御する。

【0032】CPU14による燃料噴射制御は、多気筒エンジン1の運転状態、即ち、アクセル開度センサ11及びエンジン1の回転に関するセンサ8～10からの信号に基づいて予め決められた燃料噴射量特性マップが記憶されており、この特性マップから現在のエンジンの運転状態に応じた目標燃料噴射量が求められる。パイロット噴射量は、この目標燃料噴射量とエンジン回転速度とから求められる。この発明によるパイロット噴射量制御では、パイロット噴射によって噴射された燃料の着火・燃焼に基づくパイロット熱発生率のピーク値を筒内圧センサ41～44が検出した筒内圧力 $P_c$ から求め、求められた熱発生率のピーク値がパイロット噴射に基づく目標となる熱発生率のピーク値と一致するようにインジェクタの電磁アクチュエータに供給されるパイロット噴射パルス幅が補正される。以下、かかるパイロット噴射量の制御について説明する。なお、この説明は、各筒内圧力センサ4が検出した筒内圧力から求められた実燃焼着火時期が目標燃焼着火時期に一致させるべく着火遅れを考慮して各インジェクタ3の燃料噴射時期を補正する燃料噴射時期の補正と合わせて行う。

【0033】CPU14は、図5に示すメイン処理を行う。図5は、図4に示したコントローラにおけるCPUのメイン処理を示すフローチャートである。このメイン処理は、以下の各ステップから成る。

(1) CPU14の初期化が行われる(ステップ1、S1と略す。以下同じ)。

(2) センサ信号の処理を行う(S2)。図4に示したようにCPU14に入力される各種のセンサからの検出信号の処理を行う。

(3) S2で行われた信号処理で得られた情報に基づいて、各インジェクタ3が噴射すべき燃料量、即ち、燃料噴射量の計算を行う(S3)。燃料噴射量の計算は、アクセル開度とエンジン回転数とによって予め決められている噴射量特性マップにおいて、アクセル開度センサ11が検出した現在のアクセル開度とBTDC信号等から求められたエンジン回転数とに対応する目標燃料噴射量Qbを求めることによって行われる(必要な噴射量の補正量とで最終燃料噴射量を求めることもある)。

(4) また、S2で行われた信号処理で得られた情報に基づいて、各インジェクタ3が燃料を噴射すべき時期、即ち、燃料噴射時期が計算される(S4)。燃料噴射量とエンジン回転速度とに基づいて予め決められている燃料噴射時期特性マップによって、S3で求めた燃料噴射量と現在のエンジン回転速度とに対応する目標燃料噴射時期が求められる。

(5) 更に、S2で行われた信号処理で得られた情報に基づいて、且つS3で求められた燃料噴射量を、S4で求められた燃料噴射時期に噴射できるように、燃料を噴射する圧力、即ち、燃料噴射圧力が計算される(S5)。燃料噴射圧力の制御は、燃料噴射量とエンジン回転数から目標噴射圧力を求めることにより行われ、更に具体的には、燃料ポンプ20に関連して設けられる流量制御弁を制御してコモンレール圧力Pcrを制御することにより行われる。燃料噴射制御は、上記のとおり噴射量制御、噴射時期制御及び噴射圧力制御から成り、コントローラ37は、上記の各噴射条件で各インジェクタ3から燃料が噴射されるように各インジェクタ3及びコモンレール圧力Pcrの制御を行う。S1でCPU14が初期化された後は、S2～S5を燃料噴射を実行すべきインジェクタ3に対してそれぞれ順に実行し、且つ各噴射毎に上記のS2～S5を繰り返す。インジェクタ3が噴射すべき燃料噴射量、燃料噴射時期及び可変式燃料ポンプ20によって定められる燃料噴射圧力は、排気ガス、騒音及び出力間に存在するトレードオフの関係の下で燃料噴射が最適となるように制御している。

【0034】燃料ポンプ20のポンプ軸又は吸排気弁駆動用カム軸に固定した回転板には、基準気筒#1の圧縮上死点前120°に対応した角度位置に1つの基準マーク(欠歯でよい)が形成されており、気筒判別センサ8がこの基準マークを検出することにより、ポンプ軸1回転当たり1回のREF信号を出力する。気筒判別センサ8がREF信号を出力すると、図6に示すようなREF割込み処理が行われる。図6は、図5に示すメイン処理において気筒判別信号がCPU14に入力されたときの割込み処理を示すフローチャートである。この割込み処理では、BTDC信号のカウンタ値CNbを0にするリセット処理が行われる。即ち、多気筒エンジン1は4気筒エンジンであるので、BTDC信号は0から3までの4つの整数を取り得る。カウンタ値CNbが0のときか

ら各気筒での燃料の噴射と着火とが一巡して、カウンタ値CNbが4になる前に、気筒判別センサ8がこの基準マークを検出するので、カウンタ値CNbが0にセットされる(S6)。

【0035】燃料ポンプ20のポンプ軸又は吸排気弁駆動用カム軸に固定した回転板には、各気筒における圧縮上死点前60°に対応した角度位置に4つの上死点前マーク(欠歯でよい)が90°毎に形成されており、BTDCセンサ9が上死点前マークを検出することにより、ポンプ軸1回転当たり4回のBTDC信号を出力する(図3の中段に示すグラフを参照)。BTDC信号がCPU14に入力されると、以下に説明するようなBTDC信号割込み処理が行われる。

【0036】図7のBTDC信号割込み処理は、次のように行われる。図7は、図5に示したCPUメイン処理における、BTDC信号が入力されたときの割込み処理を示すフローチャートである。

(1) エンジン1の回転速度が計算される(S10)。即ち、前回のBTDC信号を検出してから今回のBTDC信号を検出するまでに要した時間に基づいて、単位時間当たりのエンジン1の回転速度が算出される。

(2) BTDC信号のカウンタ値CNbが0であるか否かを判定する(S11)。カウンタ値CNbが0であれば、燃焼順序i=1の気筒(#1)に設けられたインジェクタ31の燃料噴射処理(S2～S5とその後の燃料噴射の実行)を行う(S12)。このインジェクタの処理のタイミングの概要については、図3の最下段のグラフに示されている。

(3) S11での判定においてカウンタ値CNbが0でなければ、直ちにS13に移行し、カウンタ値CNbが1であるか否かを判定する(S13)。

(4) カウンタ値CNbが1であれば、i=2の気筒(#3)に設けられたインジェクタ33の燃料噴射処理(S2～S5とその後の燃料噴射の実行)を行う(S14)。

(5) S13での判定においてカウンタ値CNbが1でなければ、直ちにS15に移行し、以下上記と同様な判定処理と判定処理においてYESである場合のインジェクタの燃料噴射処理とが行われる(S15)。

(6) S12, S14, 或いは、S15で、#1～#4の何れかのインジェクタ3の燃料噴射処理を行うと、対応していたカウンタ値CNbの判定以外の判定では必ずNOとなるので、S16でカウンタ値CNbに1を増加したものを新たなカウンタ値CNbにして(S16)、この割込み処理を終了する。次回のこの割込み処理においても、次のカウンタ値CNbに対する判定は、S11, S13又はS15での同様の判定のいずれかでYESとなる。カウンタ値CNbを順次増加してカウンタ値CNbが3になると、カウンタ値CNbが4になる前に基準マークが検出されて、S6によってカウンタ値CN

bは0にリセットされる。

【0037】次に、図8を参照してDSP15のメイン処理を説明する。図8は、図4に示したコントローラにおけるDSPメイン処理を示すフローチャートである。

(1) DSPの初期化を行う(S20)。

(2) 初期化が終了すれば、筒内圧処理を行う(S21)。筒内圧処理は、検出された気筒#1～#4の筒内圧力データの処理であり、該当する気筒#1～#4についてクランク角度1°毎に筒内圧力データ処理を繰り返して行い、熱発生率の計算とそれに基づくパイロット熱発生率のピーク値等の計算をするためのものである。筒内圧処理の詳細については、後述する。

【0038】DSPにおいて、S21に示した筒内処理を行うに際しての前提として、図9に示すAD変換終了割込み処理が行われる。図9は、図7に示したDSPメイン処理におけるAD変換終了時の割込み処理を示すフローチャートである。この割込み処理では、筒内圧力

(即ち、燃焼室圧力)のAD変換結果の読込み、クランク角度の初期化、筒内圧力データのメモリへの格納、及びクランク角度の更新の各ステップが、クランク角度が1°変化するのに同期して実行される。即ち、クランク角度1°毎に各気筒の筒内圧力をAD変換器19(図4参照)でアナログからデジタルに変換しているが、図9に示すAD変換終了割込み処理は、このAD変換器19による変換が終了する毎に割込み処理が行われる。

(1) 筒内圧力のAD変換結果ADr(i)を読み込む(S30)。各筒内圧力のAD変換結果ADr(i)は、燃焼順序i(=1～4)にPc(i)として読み込まれる。

(2) 次に、クランク角度の初期化が行われる(S31)。

(6) 筒内圧力データが、メモリに格納される(S32)。

(7) クランク角度の更新が行われる(S33)。S31～S33については、それぞれ、以下に詳細を説明する。

【0039】次に、図10に示すフローチャートを参照してS31におけるクランク角度の初期化について説明する。図10は、図9に示すAD変換終了時の割込み処理におけるクランク角度の初期化の処理を示すフローチャートである。エンジンは4気筒エンジンであり、クランク軸の2回転で各気筒の燃料の噴射・着火が一巡するので、クランク角度の一巡周期はカウント回数で720である。クランク角度のカウント値θは、1°で1をカウントする。クランク角度のカウント値θは、燃焼順序i=1の気筒(#1)が上死点の位置を取るときを0とし、4気筒の燃料の噴射・着火が一巡するまで、719までのカウント値を取る。

(1) クランク角度の初期化が既に完了しているか否かを判定する(S40)。既に、クランク角度の初期化が

完了していれば、直ちにAD変換終了割込みのルーチンに戻る。クランク角度の初期化が完了していなければ、ステップはS41に移行する。

(2) 特定の気筒、即ち、i=1の気筒(#1)の上死点前120°に出力されるREF信号が立ち上がっているか否かを判定する(S41)。REF信号が立ち上がっていないければ、直ちにAD変換終了割込みのルーチンにリターンする。

(3) S41においてREF信号の立ち上がっていれば、クランク角度のカウント数θを720マイナス120(即ち、600)に設定する(S42)。120は、気筒判別センサ8の取り付け角度に相当している。

(4) S42における設定が終了すると、クランク角度の初期化が完了する(S43)。一旦、クランク角度の初期化が行われると、次回にエンジンの始動が行われない限りクランク角度の初期化が行われることはない。

【0040】次に、図11に示すフローチャートを参照して、S32における筒内圧力データのメモリへの格納処理について説明する。図11は、図9に示すAD変換終了時の割込み処理における筒内圧データのメモリへの格納処理を示すフローチャートである。

(1) 初期化されたクランク角度のカウント数θが540以上又は180未満であるか否かを判定する(S50)。クランク角度のカウント数θがこの範囲に入っていないければ、S57に移行する。S50で定めるカウント数θの範囲は、i=1の気筒(#1)のクランク角度が圧縮上死点の前後180°以内に対応した範囲であり、圧縮行程から爆発行程までの範囲である。この間の筒内圧力が着火時期制御に重要であり、データとして採用される。

(2) クランク角度のカウント数θが540であるか否かが判定される(S51)。このカウント数θが540であれば、上記のカウント数θの範囲の始点であるので、i=1の気筒についてのクランク角度のカウント数として定義される気筒別クランク角度カウント数θc

(1)をクリアして0とする(S52)。括弧内の1は、i=1の気筒についてのクランク角度カウント数であることを示す。したがって、θc(1)は、0から359までの値を取る。

(3) i=1の気筒についての筒内圧力Pc(1)を、気筒別クランク角度カウント数θc(1)のときの筒内圧力Pc(θc(1), 1)とする(S53)。

(4) i=1の気筒についての、気筒別クランク角度カウント数θc(1)が359であるか否かを判定する(S54)。即ち、i=1の気筒についてのデータ採集クランク角度範囲の終点であるか否かを判定する。

(5) θc(1)が359であるとする、既に、θc(1)は、0から359まで実行した後であるので、i=1の気筒についての筒内圧力データの格納が終了していることになる(S55)。

(6)  $\theta c(1)$  が 359 でないとする、 $\theta c(1)$  は、まだ終点まで到達していないので、クランク角度を  $1^\circ$  進めることに対応して、 $\theta c(1)$  のカウント数を 1 だけ増加したものを新たな  $\theta c(1)$  とする (S56)。

【0041】(7) 次に、クランク角度のカウント数  $\theta$  が 0 以上 360 未満であるか否かを判定する (S57)。クランク角度のカウント数  $\theta$  がこの範囲に入っていないならば、S64 に移行する。S57 で定めるカウント数  $\theta$  の範囲は、燃焼順序  $i=2$  の気筒 (#3) のクランク角度が圧縮上死点の前後  $180^\circ$  以内の対応した範囲であり、その圧縮行程から爆発行程までの範囲である。この間の筒内圧力が着火時期制御に必要であり、データとして採用される。したがって、クランク角度のカウント数  $\theta$  が 0 以上 180 未満であるときには、 $i=1$  の気筒 (#1) と  $i=2$  の気筒 (#3) とについての筒内圧力データの格納が行われる。

(8) クランク角度のカウント数  $\theta$  が 0 であるか否かが判定される (S58)。このカウント数  $\theta$  が 0 であれば、上記のカウント数  $\theta$  の範囲の始点であるので、 $i=2$  の気筒 (#3) についてのクランク角度のカウント数として定義される気筒別クランク角度カウント数  $\theta c(2)$  をクリアして 0 とする (S59)。したがって、 $i=2$  の気筒についての  $\theta c(2)$  も、0 から 359 までの値を取る。

(9) 気筒別クランク角度カウント数  $\theta c(2)$  のときの  $i=2$  の気筒についての筒内圧力  $Pc(2)$  を、筒内圧力  $Pc(\theta c(2), 2)$  とする (S60)。

(10)  $i=2$  の気筒についての、気筒別クランク角度カウント数  $\theta c(2)$  が 359 であるか否かを判定する (S61)。

(11)  $\theta c(2)$  が 359 であるとする、既に、 $\theta c(2)$  は、0 から 359 まで実行した後であるので、 $i=2$  の気筒についての筒内圧力データの格納が終了する (S62)。

(12)  $\theta c(2)$  が 359 でないとする、 $\theta c$

(2) は、まだ終点まで到達していないので、クランク角度を  $1^\circ$  進めることに対応して、 $\theta c(2)$  のカウント数を 1 だけ増加したものを新たな  $\theta c(2)$  とする \*

$$V\theta = Vc + \pi \times \frac{B^2}{4} \times \left\{ L + \frac{S}{2} - \left( \frac{S}{2} \cos \theta c + \sqrt{L^2 - \left( \frac{S}{2} \cos \theta c \right)^2} \right) \right\}$$

ここで、 $Vc$  は隙間容積 [ $m^3$ ]、 $S$  はピストンストローク [ $m$ ]、 $L$  はコンロッド長さ [ $m$ ]、 $\theta c$  はクランク角度 (deg) である。この筒内容積  $V\theta$  と、そのクランク角度  $\theta c$  による微分値とは、クランク角度  $\theta c$  が更新される毎にリアルタイムで演算してもよいが、予め計算で求めてメモリに格納されたマップデータから逐次読み出してもよい。また、筒内圧力  $Pc$  とそのクランク

\* (S63)。

(13) 以後、 $i=3$  及び 4 の気筒 (#4 及び #2) についても、同様の処理をして、筒内圧力データをメモリに格納する (S64)。

【0042】次に、図 12 に示すフローチャートを参照して、クランク角度の更新処理について説明する。図 12 は、図 9 に示す AD 変換終了時の割込み処理におけるクランク角度の更新処理を示すフローチャートである。 $\theta c$  の 1 の増分毎に、クランク角度の更新処理 S33 が実行される。

(1) クランク角度のカウント数  $\theta$  を 1 増加して更新する (S70)。

(2) カウント数  $\theta$  が 720 未満であるか否かを判定する (S71)。カウント数  $\theta$  が 720 未満であれば、4 つの気筒についての噴射と着火がまだ一巡していないので、AD 変換終了後の割込み処理を続行する。

(3) カウント数  $\theta$  が 720 以上であれば、カウント数  $\theta$  を 0 にリセットする (S72)。

【0043】次に、図 13 に示すフローチャートを参照して、図 8 に示した DSP のメイン処理中における筒内圧処理 (S21) の詳細について説明する。図 13 は、図 8 に示す DSP のメイン処理における筒内圧処理を示すフローチャートである。

(1) 図 11 の S55 において行われる燃焼順序  $i=1$  の気筒 (#1) の筒内圧力データ格納が終了しているか否かを判定する (S80)。 $i=1$  の気筒 (#1) の筒内圧力データ格納が終了していないならば、S84 に移行して、 $i=2$  の気筒 (#3) の筒内圧力データ格納が終了しているか否かを判定する。

(2) S80 の判定で、 $i=1$  の気筒の筒内圧力データ格納が終了していると、データにフィルタ処理を施す (S81)。筒内圧力データは、大きく変動しているので、移動平均を取る等のフィルタ処理を施してノイズを除去し、滑らかな筒内圧力曲線を得る (図 2 参照)。

【0044】(3) 得られた圧力曲線から、熱発生率  $q$  の計算を行う (S82)。熱発生率  $q$  は、次のようにして求められる。まず、筒内容積  $V\theta$  は、次の式で表される。

【数 1】

角度  $\theta c$  による微分値は、センサで検出し、DSP で処理することにより得られる。熱発生率  $q = dQ / d\theta$  は、次の式で求められる。

【数 2】

$$q = \frac{dQ}{d\theta c} = \frac{1}{\pi - 1} \left( V\theta \cdot \frac{dP\theta}{d\theta c} + \pi \cdot P\theta \cdot \frac{dV\theta}{d\theta c} \right)$$

ここで、比熱比 $\kappa$ は、一定であるとして、上の式をリアルタイムで計算する。

(4) S82で計算された熱発生率 $q$ の結果に基づいて、パイロット噴射によって生じた熱発生率、即ち、パイロット熱発生率のピーク値である $q_{max}(1)$ の計算を行う(S83)。パイロット熱発生率のピーク値 $q_{max}(1)$ の計算の詳細については後述する。

【0045】(5) 燃焼順序 $i=1$ の気筒(#1)の筒内圧力データ格納が終了していなければ、 $i=2$ の気筒(#3)の筒内圧力データ格納が終了しているか否かを判定する(S84)。S84以降のフィルタ処理(S85)、熱発生率 $q$ の計算(S86)、パイロット熱発生率のピーク値 $q_{max}(2)$ の計算(S87)の各ステップは、S80~S83と同様であるので、省略する。同様に、 $i=3$ の気筒(#4)及び $i=4$ の気筒(#2)についても同様の処理が行われる。なお、図13の処理は、クランク角度の割込みで各気筒の10燃焼行程分の筒内圧力データの格納が終わった状態で、フィルタ処理、熱発生率の計算、パイロット熱発生率ピーク値 $q_{max}(i)$ の計算の各ステップが行われる。

【0046】既に説明したように、アクセル開度、エンジン回転速度等に基づいて予め決められた燃料噴射量特性マップから、現在のエンジン運転状態であるアクセル開度、エンジン回転速度等に対応した目標燃料噴射量 $Q_b$ が求められるが、パイロット噴射をする場合には、更に、この目標燃料噴射量 $Q_b$ とエンジン回転速度とからパイロット燃料噴射量(以下、パイロット噴射量と略す) $Q_p$ を求めて、目標燃料噴射量 $Q_b$ をパイロット噴射量 $Q_p$ とメイン燃料噴射量(以下、メイン噴射量と略す) $Q_m$ とに分割する。パイロット噴射量 $Q_p$ とパイロット熱発生率ピーク値 $q_{max}$ との間には図18に示すような相関がある。即ち、目標燃料噴射量 $Q_b$ に占めるパイロット噴射量 $Q_p$ の割合を大きくすると、パイロット熱発生率ピーク値 $q_{max}$ が高くなると共にメイン噴射による熱発生率ピークが低くなる。図18に示す熱発生率 $q$ の中では破線で示す変化を生じるようにパイロット噴射を行うのが最も望ましい。エンジンがアイドル運転状態にあるときには、パイロット熱発生率ピーク値が予め設定された目標ピーク値となるように、インジェクタ3の電磁アクチュエータ16を駆動するパイロット噴射パルス幅を補正して、インジェクタ3の噴射特性にバラツキや経時変化があっても、最適なパイロット噴射とその燃焼を行わせる。

【0047】次に、図14を参照して、パイロット熱発生率ピーク値 $q_{max}(i)$ の計算について説明する。図14は、図13に示す筒内圧処理におけるパイロット熱発生率ピーク値 $q_{max}(i)$ の計算処理を示すフローチャートである。 $i$ は、1~4の値を取り得る燃焼番号であり、各 $i$ の値に対して共通の処理が行われる。

(1) パイロット噴射をするためにインジェクタ3の電

磁アクチュエータ16に供給されるパルスの開始時期

(以下、パイロット噴射時期と略す) $T_p$ と、メイン噴射をするためにインジェクタ3の電磁アクチュエータ16に供給されるパルスの開始時期(メイン噴射時期と略す) $T_m$ と、エンジン回転速度 $N_e$ とを、デュアルポートメモリ16から読み込む(S90)。これらのデータは、CPU14で処理されてRAMであるデュアルポートメモリ16に書き込まれている。

(2) パイロット噴射時期 $T_p$ からパイロット熱発生率ピーク値 $q_{max}(i)$ の計算を開始する時期までの遅れを表す計算期間の開始遅れ $\theta_a$ (クランク角)を計算する(S91)。計算期間の開始遅れ $\theta_a$ は、図19に示すように、インジェクタ3の噴射遅れ $\theta_i$ に着火遅れ $\alpha$ を加えた値がそれよりも小さくなるように予め決められている。噴射遅れ $\theta_i$ はほぼ時間一定であり、着火遅れ $\alpha$ はエンジン回転速度 $N_e$ によって変化するので、計算期間の開始遅れ $\theta_a$ はエンジン回転速度 $N_e$ を変数とするマップデータとなる。

(3) パイロット噴射時期 $T_p$ と開始遅れ $\theta_a$ とから、次の式によってパイロット熱発生率ピーク値 $q_{max}$ の計算開始角度 $\theta_s$ を計算する(S92)。なお、パイロット噴射時期 $T_p$ はクランク角度に次元を合わせておく。

$$\theta_s \leftarrow T_p + \theta_a$$

(4) メイン噴射時期 $T_m$ からパイロット熱発生率ピーク値 $q_{max}$ の計算期間終了遅れ $\theta_b$ が計算される(S93)。計算期間終了遅れ $\theta_b$ は、メイン噴射のためにインジェクタの電磁アクチュエータに供給される駆動パルスの立上りに相当するメイン噴射時期 $T_m$ からメイン噴射が噴射されるまでの噴射遅れと、メイン噴射で噴射された燃料が着火する時期までの着火遅れ $\beta$ との和に相当する期間として計算される。着火遅れ $\beta$ はエンジン回転速度 $N_e$ に依存しているので、計算期間終了遅れ $\theta_b$ はエンジン回転速度 $N_e$ を変数とするマップデータとなる。

(5) メイン噴射時期 $T_m$ と計算期間終了遅れ $\theta_b$ とから、次の式によってパイロット熱発生率ピーク値 $q_{max}$ の計算終了角度 $\theta_e$ が、計算される(S94)。なお、パイロット噴射時期 $T_p$ はクランク角度に次元を合わせておく。

$$\theta_e \leftarrow T_m + \theta_b$$

(6)  $\theta_s$ から $\theta_e$ までの計算角度期間における最大値としてのパイロット熱発生率ピーク値 $q_{max}$ を計算で求めて、デュアルポートメモリ16に書き込む(S95)。なお、計算区間開始遅れ $\theta_a$ と計算区間終了遅れ $\theta_b$ とエンジン回転速度との関係が、図20のグラフに示されている。一般的に、エンジン回転速度が増加すると、遅れとしての現れるクランク角度は小さくなる傾向にある。

【0048】S95で示した、パイロット熱発生率ピー

ク値  $q_{max}$  の計算について図 15 を参照して説明する。図 15 は、図 14 に示したパイロット熱発生率ピーク値  $q_{max}$  の計算におけるパイロット熱発生率ピーク値  $q_{max}(i)$  の計算を示すフローチャートである。

(1) 計算角度期間の始点  $\theta_s$  を  $\theta_{max}$  と置き、始点  $\theta_s$  における熱発生率  $q(\theta_s)$  を  $q_{max}$  と置く (S100)。

(2) クランク角度  $\theta$  に増分  $1^\circ$  を加えたものを新たなクランク角度  $\theta$  とする (S101)。

(3) 新たなクランク角度  $\theta$  のときの熱発生率  $q(\theta)$  が、前回の熱発生率  $q(\theta-1)$  よりも大であるか否かを判定する (S102)。

(4) 熱発生率  $q(\theta)$  が、熱発生率  $q(\theta-1)$  よりも大であるときには、新たなクランク角度  $\theta$  のときの熱発生率  $q(\theta)$  によって  $q_{max}$  を置き換えると共に、 $\theta_{max}$  を新たなクランク角度  $\theta$  で置き換える (S103)。

(5) S102 の判定において熱発生率  $q(\theta)$  が熱発生率  $q(\theta-1)$  以下であるとき、又は S103 での置き換えが終わると、クランク角度  $\theta$  が計算角度期間の終点  $\theta_e$  以下であるかを判定する (S104)。クランク角度  $\theta$  がまだ計算角度期間の終点  $\theta_e$  に到達していないときには、S101 に戻って、上記の処理を繰り返す。クランク角度  $\theta$  が計算角度期間の終点  $\theta_e$  に到達すると、図 14 に示すパイロット熱発生率ピーク  $q_{max}$  の計算のフローに戻る。

【0049】次に、図 14～図 15 に示したフローチャートによって、パイロット熱発生率ピーク値  $q_{max}$

(i) が求まると、パイロット熱発生率ピーク値  $q_{max}(i)$  が予め決められた目標値と一致するように、各インジェクタ 3 の電磁アクチュエータ 16 に供給する駆動パルス幅が補正される。その修正処理を、燃焼順序  $i$  が 1 である気筒 #1 に設けられたインジェクタ 31 を例に採って、以下に説明する。なお、燃焼順序  $i$  については、ここでは 1 に限るので、表示の簡素化のため省略する。図 16 は、図 7 に示した B T D C 信号割込み処理におけるインジェクタ 31 の駆動処理におけるパイロット噴射用駆動パルス幅の補正処理を示すフローチャートである。かかるパイロット噴射用駆動パルス幅の補正処理の前提として、図 6 に示す気筒判別 R E F 信号に同期して R E F 割込み処理が開始されて気筒判別用カウンタ C N b がリセットされ、更に、図 7 に示す B T D C 信号に同期して B T D C 信号割込み処理が開始され、気筒判別用カウンタ C N b の値に応じて燃料の噴射を行う気筒が判定されているものとする。

(1) 該当するインジェクタによって燃料を噴射すべき燃料噴射の条件が、読み込まれる (S110)。燃料噴射の条件は、燃料噴射圧力 (即ち、コモンレール圧力  $P_{cr}$ )、メイン燃料噴射量  $Q_m$ 、パイロット燃料噴射量  $Q_p$ 、メイン噴射時期  $T_m$ 、及びパイロット噴射時期  $T$

p である。

(2) 現在、パイロット噴射量  $Q_p$  が 0 であるか否かを判定する (S111)。パイロット噴射量  $Q_p$  が 0 のときには、パイロット熱発生率ピーク値  $q_{max}$  を求める必要がないので、S119 へ移行してメイン噴射を行うためにインジェクタ 31 の電磁アクチュエータ 66 (図 21 参照) に供給される駆動パルス幅 (以下、メイン噴射パルス幅と略す) を求める。

(3) パイロット噴射量  $Q_p$  が 0 でない場合には、エンジンの運転状態がアイドル運転状態であるか否かを判定する (S112)。エンジンの運転状態がアイドル運転状態でない場合には、エンジン運転状態がアイドル運転であることに伴う諸問題 (運転の不安定化、騒音、排気ガス特性) が特に顕著にならないので、S116 へ移行して引続きパイロット噴射を伴う燃料噴射制御を行う。

(4) エンジンの運転状態がアイドル運転状態である場合には、例えば、その時のパイロット噴射量  $Q_p$  やパイロット噴射時期  $T_p$  等に応じた目標パイロット熱発生率ピーク値  $q_{bmax}$  を計算する (S113)。

【0050】(5) S103 で求め且つデュアルポートメモリ 16 (図 4 参照) に記憶されている噴射気筒 (#1) のパイロット熱発生率値ピーク  $q_{max}$  と目標パイロット熱発生率ピーク値  $q_{bmax}$  との偏差  $\Delta q_{max}$  を計算する (S114)。即ち、 $\Delta q_{max} = q_{bmax} - q_{max}$

(6) 該当する気筒について、パイロット噴射を行うためにインジェクタ 31 の電磁アクチュエータ 66 (図 21 参照) に供給される駆動パルス幅 (以下、パイロット噴射パルス幅と略す)  $PW_p$  の補正量  $\Delta PW_p$  が求められているとする。以下の式のように、S114 で得られた偏差  $\Delta q_{max}$  にゲインを乗じた値を、パイロット噴射パルス幅  $PW_p$  の前回求めた補正量  $\Delta PW_p$  に加算して、今回のパイロット噴射パルス幅補正量  $\Delta PW_p$  を求める (S115)。この処理により、パイロット噴射パルス幅の積分制御を行うことができる。

$$\Delta PW_p \leftarrow \Delta PW_p + \Delta q_{max} \times G_p$$

ここで、 $G_p$  は、ゲインである。

(7) 燃料噴射圧力  $P_{cr}$ 、パイロット噴射量  $Q_p$ 、及びインジェクタ流量特性から、パイロット噴射パルス幅  $PW_p$  を求める (S116)。エンジンがアイドル運転でない場合も以降の処理が行われる。

(8) S116 で求めたパイロット噴射パルス幅  $PW_p$  に、S115 で求めた今回のパイロット噴射パルス幅補正量  $\Delta PW_p$  を加算することにより、最終パイロット噴射パルス幅  $PW_{pf}$  を求める (S117)。

$$PW_{pf} \leftarrow PW_p + \Delta PW_p$$

(9) インジェクタ 31 の電磁アクチュエータをパイロット噴射用として駆動するための駆動パルスを出力するパイロット噴射用駆動パルス出力カウンタ (図示せず) に、S110 で読み込んだパイロット噴射時期  $T_p$ 、及

びS117で求めた最終パイロット噴射パルス幅PWpfに対応した噴射パルス幅をセットする(S118)。

(10)パイロット噴射パルス幅PWpは補正されるため、実際には、S110で読み込んだパイロット噴射量Qpと異なる噴射量が噴射される。したがって、パイロット噴射とメイン噴射との和としての全燃料噴射量を変えないために、燃料噴射圧力と最終パイロット噴射パルス幅PWpfに対応した最終パイロット噴射量とから、メイン噴射パルス幅PWmを計算する(S119)。

(11)インジェクタ31の電磁アクチュエータ66をメイン噴射用として駆動するための駆動パルスを出力するメイン噴射用駆動パルス出力カウンタ(図示せず)に、S110で読み込んだメイン噴射時期Tm、及びS119で求めたメイン噴射パルス幅PWmに対応した噴射パルス幅をセットする(S120)。

【0051】以上のように、算出したパイロット熱発生率ピーク値 $q_{max}(i)$ が、目標のパイロット熱発生率ピーク $q_{bmax}(i)$ と一致するようにパイロット噴射用の駆動パルス幅を補正するので、パイロット噴射においては、そのときのエンジンの運転状態に応じた最適なパイロット熱発生率ピーク値 $q_{max}$ を得ることができる。したがって、特にエンジンがアイドル運転状態のときのように、不安定なエンジンの運転、エンジン騒音及び排気ガス性能の悪化等の現象が生じるのを防止することができる。

【0052】次に、図17を参照して、熱発生率のデータを用いた実燃料着火時期Td(i)(図2)の計算について説明する。図17は、図13に示した筒内圧処理において求められた熱発生率から実燃料着火時期Td(i)を求める計算処理を示すフローチャートである。各燃焼順序i(1~4の値を取り得る)に対して共通の処理が行われる。また、 $\theta c$ は各気筒の圧縮膨張過程のクランク角度のカウンタ値であって、爆発行程上死点の前後180°の範囲のクランク角度を0~359までカウンタする。このフローチャートは、S130で示すように、 $\theta c$ が3以上の場合に実行される。S83やS86等において熱発生率qが既に求められている。また、図24に示すクランク角度のカウンタ値 $\theta c$ に対する熱発生率qのグラフを参照する。なお、実燃料着火時期Td(i)は、デュアルポートメモリ16(図4参照)上のデータである。

(1)その時の燃焼順序i、即ち、燃料の着火・燃焼が行われている気筒について、 $q(i)(\theta c-3)$ が負であるか否かを判定する(S131)。

(2) $q(i)(\theta c-3)$ が負であれば、当該気筒のクランク角度のカウンタ値 $\theta c$ が1カウンタだけ進んだ時の $q(i)(\theta c-2)$ が負であるか否かを判定する(S132)。

(3) $q(i)(\theta c-2)$ が負であれば、当該気筒のクランク角度のカウンタ値 $\theta c$ が更に1カウンタだけ進

んだ時の $q(i)(\theta c-1)$ が正であるか否かを判定する(S133)。

(4) $q(i)(\theta c-1)$ が正であれば、当該気筒のクランク角度のカウンタ値 $\theta c$ が更に1カウンタだけ進んだ時の $q(i)(\theta c)$ が正であるか否かを判定する(S134)。

【0053】(5) $q(i)(\theta c)$ が正であれば、実燃料着火時期Td(i)は、 $\theta c-2$ であるとする(S135)。即ち、連続する4つのクランク角度のカウンタ値で、中間の時点である $\theta c-2$ と $\theta c-1$ との間で熱発生率qの符号が変化しているので、実燃料着火時期Td(i)を $\theta c-2$ とみなしている。実際は、ゼロクロス点は $\theta c-2$ と $\theta c-1$ との間であるので、補間してゼロクロス点を求めてもよい。また、演算の精度が良好である場合には、前後の2点で符号が負から正に変化したときをゼロクロス点として求めてもよい。

(6)S121で $q(i)(\theta c-3)$ が正のとき、S132で $q(i)(\theta c-2)$ が正のとき、S133で $q(i)(\theta c-1)$ が負のとき、及びS134で $q(i)(\theta c)$ が負のときは、それぞれ実燃料着火時期Td(i)をクランク角度カウンタ着火0の時期とする(S136)。即ち、 $\theta c-2$ と $\theta c-1$ との間でqの符号が変化するときのみ、S135で実燃料着火時期Td(i)が求められ、それ以外の状況ではすべて実燃料着火時期Td(i)が0とされる。

(7)実燃料着火時期Td(i)が0であるか否かを判定する(S137)。

(8)実燃料着火時期Td(i)が0であると、クランク角度のカウンタ値 $\theta c$ を1カウンタ増加する(S138)。

(9)クランク角度のカウンタ値 $\theta c$ が360で有るか否かを判定する(S139)。即ち、 $\theta c$ の取り得る範囲の最後のカウンタ値であるか否かを判定する。 $\theta c$ がまだ360でなければ、S131に戻って、再度ルーチンを実行する。

【0054】図2を再度参照すると、時刻T0に燃料噴射が行われて且つ噴射された燃料が着火すると、筒内圧力Pcの上昇が若干緩やかになり、その後の着火によって大きく増加する。この急上昇する筒内圧力Pcから燃料が着火するクランク角度を正確に判断するのは困難であったが、熱発生率qに着目すると、上記のように、実燃料着火時期を正確に求めることができる。即ち、図2の中段のグラフに示す燃料噴射率Rfで燃料が燃焼室内に噴射されると、下段の熱発生率qのグラフに示すように、一旦は吸熱により負の熱発生率を示すが、その後、正の熱発生率に変化する。熱発生率qは、燃料噴射が行われた当初は若干負になる(燃料の気化による)が燃料の着火によって増加に転じ、熱発生率qが負から正に転じるゼロクロス時刻T1を、燃料着火時期Td(パイロット噴射を行う場合にはパイロット噴射によって噴射さ

れた燃料の着火時期)とみなすことで容易に実燃料着火時期を定めることができる。なお、時刻T0から時刻Tdまでの期間が燃料の着火遅れ期間に相当する。実燃料着火時期Td(i)が求まると、実燃料着火時期が、運転状態に応じて求められる目標燃料着火時期と一致するように、各インジェクタにおける燃料噴射時期が修正される。燃料噴射時期の具体的な修正処理は、この発明の対象とするところではないので省略する。

【0055】以上のフローチャートの内容を図3を参照してまとめると、図3の上段の4つのグラフは、それぞれ気筒#1～#4のクランク角度 $\theta$ の経過に伴う筒内圧力Pcの変化を表している。#1気筒、#3気筒、#4気筒、#2気筒の順で、次々と圧縮爆発行程を迎える。ある気筒が爆発行程を経過するときに、次の気筒は圧縮行程に入っている。また、各気筒の圧縮上死点前60°でBTDC信号が出力される。クランク角度のカウント値 $\theta$ は、#1気筒の圧縮上死点で0であり、4サイクルエンジンであるので、クランク軸2回転、即ち、カウント値719で一巡する。#1気筒については、圧縮上死点前180°、即ち、カウント値にして540以上で、圧縮上死点後180°、即ち、カウント値にして180未満であるときに、#1気筒の筒内圧力データを格納する。格納されたデータに基づいてメン処理を圧縮上死点後180°からの所定の時間内に演算し、次のBTDC割込み信号に基づいてインジェクタ31の噴射弁駆動処理を行う。また、図19に示すような計算区間でパイロット噴射によって噴射された燃料の着火・燃焼による熱発生率ピーク $q_{max}$ が求められ、図18に示すように、目標となる最適なパイロット熱発生率ピーク値を維持するように、インジェクタの電磁アクチュエータのパイロット噴射時期及び駆動パルス幅が制御される。

#### 【0056】

【発明の効果】この発明によるエンジンのパイロット噴射量制御方法及びその装置は、上記のように構成されているので、次のような効果を奏する。即ち、個々のインジェクタに個体差があったり、或いは同じインジェクタであっても経時変化によってパイロット噴射量特性が変動するような場合であっても、パイロット熱発生率ピークがそのときのアイドル運転等の運転状態に応じた目標値となるように、インジェクタの電磁アクチュエータの駆動パルス幅が補正される。パイロット噴射量のバラツキが抑制され、最適なパイロット噴射量を維持した状態でパイロット噴射される燃料の噴射及び着火が行われるので、排気ガス中に含まれるNOx又はスモークの量の増大を招くことがない。特に、エンジンのアイドル運転状態ではエンジン回転数が低いために元来エンジンの運転状態が不安定となり易い状況であるが、この発明によるエンジンのパイロット噴射量制御方法及びその装置においては、パイロット噴射燃量のバラツキが軽減されるので、パイロット噴射による燃焼が安定するとその

後のメイン燃料噴射による燃焼も安定し、エンジンの良好な運転状態が確保される結果、排気ガス性能が良好に維持される。その結果、エンジンの運転が不安定になることがなく、エンジン騒音が抑制されると共に、またNOxの発生等の排気ガス性能の悪化を防止することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明によるパイロット噴射量制御方法及びその装置が適用される多気筒エンジンを含むコモンレール式燃料噴射システムの一例を示す模式図である。

【図2】図1に示すエンジンのクランク角度の経過に応じた筒内圧力、燃料噴射率、及び熱発生率の変化の様子を示したグラフである。

【図3】図1に示す多気筒エンジンのクランク角度の経過に従ったインジェクタでの筒内圧力及びデータ処理等の概要を示すグラフである。

【図4】この発明によるエンジンのパイロット噴射量制御を行うコントローラの概要を示すブロック図である。

【図5】図4に示したコントローラにおけるCPUメイン処理を示すフローチャートである。

【図6】図5に示したCPUメイン処理においてREF信号が入力されたときの割込み処理を示すフローチャートである。

【図7】図5に示したCPUメイン処理においてBTDC信号が入力されたときの割込み処理を示すフローチャートである。

【図8】図4に示したコントローラにおけるDSPメイン処理を示すフローチャートである。

【図9】図8に示したDSPメイン処理におけるAD変換終了時の割込み処理を示すフローチャートである。

【図10】図9に示したAD変換終了時の割込み処理におけるクランク角度初期化の処理を示すフローチャートである。

【図11】図9に示したAD変換終了時の割込み処理における筒内圧データのメモリへの格納処理を示すフローチャートである。

【図12】図9に示したAD変換終了時の割込み処理におけるクランク角度の更新処理を示すフローチャートである。

【図13】図4に示したコントローラにおけるDSPによる筒内圧処理を示すフローチャートである。

【図14】図13に示した筒内圧処理におけるパイロット熱発生率ピーク値の計算処理を示すフローチャートである。

【図15】図14に示したパイロット熱発生率ピーク値の計算処理における、計算期間でのパイロット熱発生率ピーク値の計算処理を示すフローチャートである。

【図16】図7に示したBTDC信号割込み処理におけるインジェクタ処理を示すフローチャートである。

【図17】熱発生率から実燃料着火時期を求める計算処



27

理を示すフローチャートである。

【図18】 クランク角度の経過に伴う熱発生率の変化を示すグラフである。

【図19】 パイロット噴射とメイン噴射におけるインジェクタ駆動パルス、インジェクタの針弁リフト量及び熱発生率の変化を示すグラフである。

【図20】 エンジン回転速度と計算期間開始遅れ $\theta a$ と計算期間終了遅れ $\theta b$ との関係を示すグラフである。

【図21】 従来のインジェクタを示す縦断面図である。

【図22】 図21に示すインジェクタにおいて、燃料圧力をパラメータとした噴射パルス幅と燃料噴射量との関係を示すグラフである。

【図23】 パイロット噴射用駆動パルス幅と、パイロット噴射量のバラツキとの関係を示す説明図である。

【図24】 図17に示したフローチャートに基づく実燃料着火時期の検出を説明するグラフである。

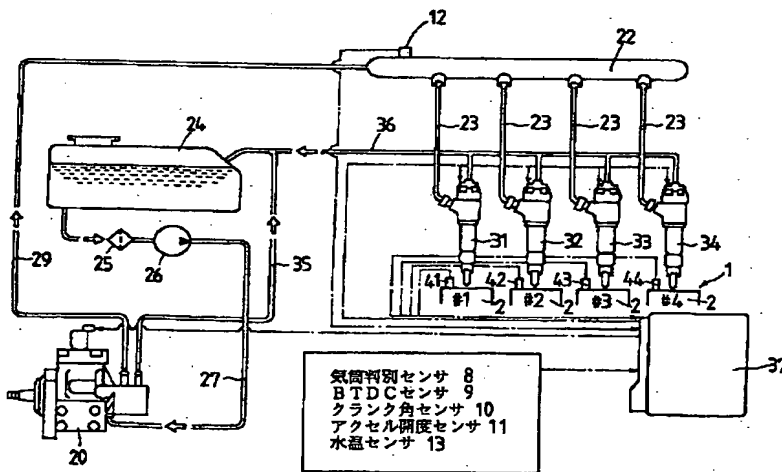
#### 【符号の説明】

- 1 多気筒エンジン
- 2 シリンダ
- 3, 31~34 インジェクタ
- 4, 41~44 筒内圧力センサ
- 8 気筒判別センサ
- 9 BTD Cセンサ
- 10 クランク角度センサ

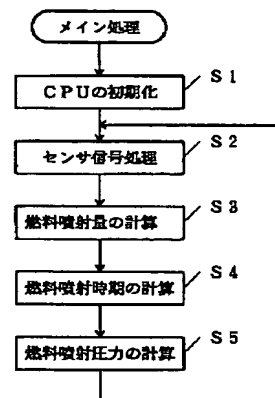
28

- 11 アクセル開度センサ
- 12 コモンレール圧力センサ
- 22 コモンレール
- 23 分岐管
- 37 コントローラ
- 61, 62 燃料通路
- 64 針弁
- 65 噴孔
- Pc 筒内圧力
- $\theta$  クランク角度のカウンタ値
- $\theta c$  気筒別クランク角度のカウンタ値
- q 熱発生率
- qmax パイロット熱発生率のピーク値
- qbmax パイロット熱発生率の目標ピーク値
- i 燃料順序
- Qb 目標燃料噴射量
- Qp パイロット噴射量
- Qm メイン噴射量
- Tp パイロット噴射時期
- Tm メイン噴射時期
- Td 実燃料着火時期
- PWp パイロット噴射用駆動パルス幅
- $\Delta PWp$  PWpの補正量
- PWpf 最終パイロット噴射用駆動パルス幅

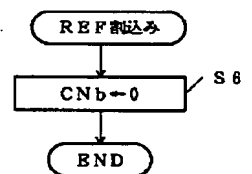
【図1】



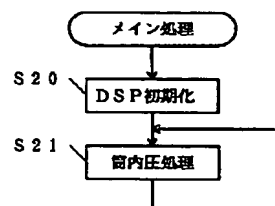
【図5】



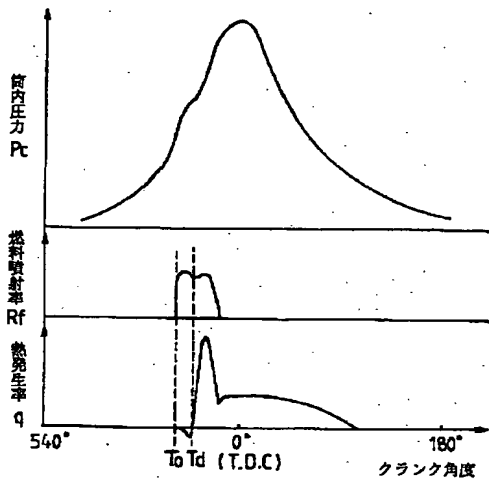
【図6】



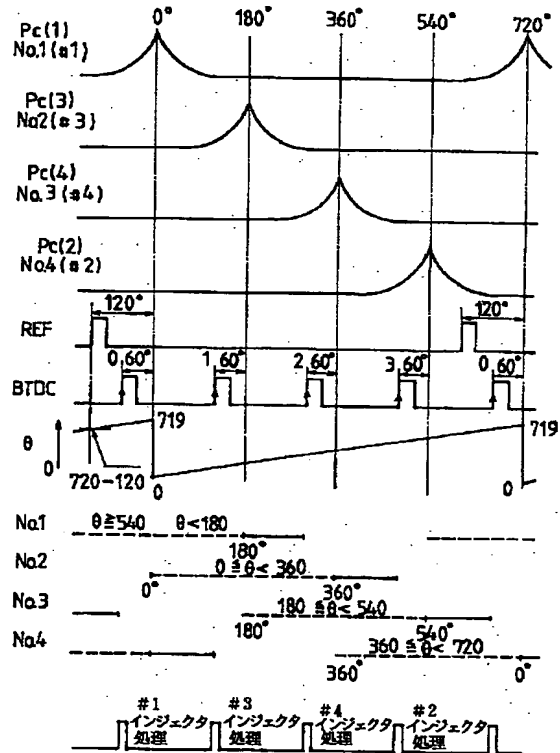
【図8】



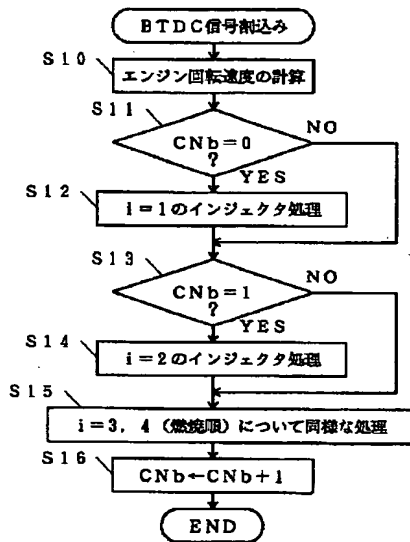
【図2】



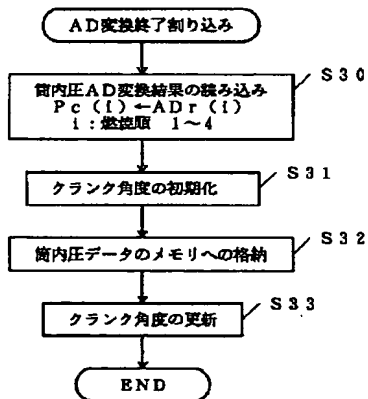
【図3】



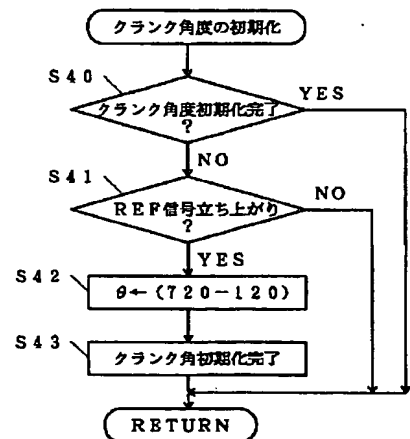
【図7】



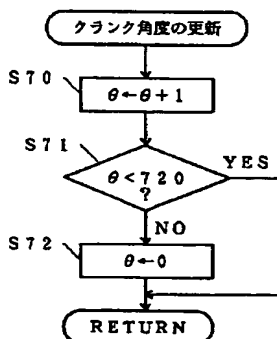
【図9】



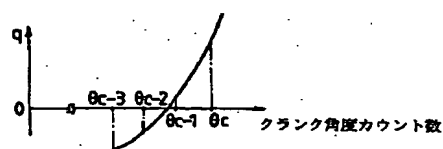
【図10】



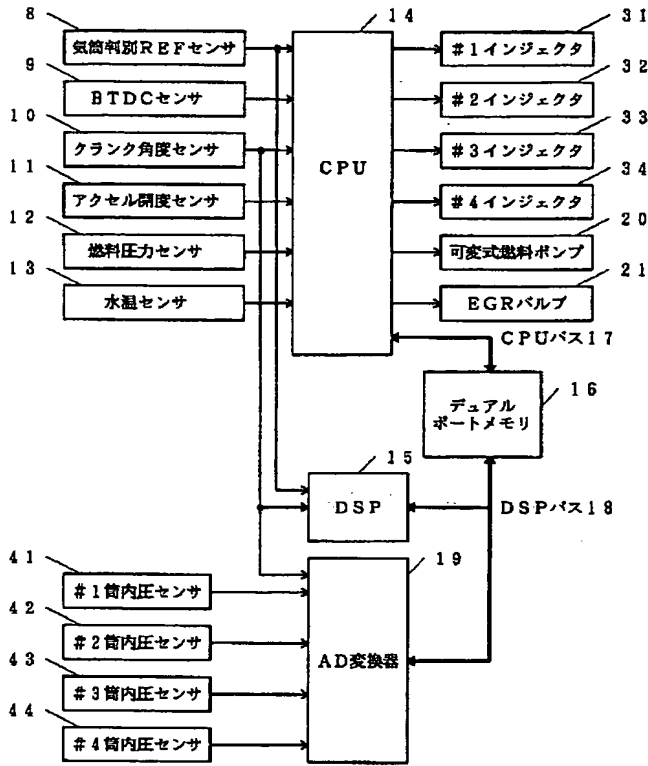
【図12】



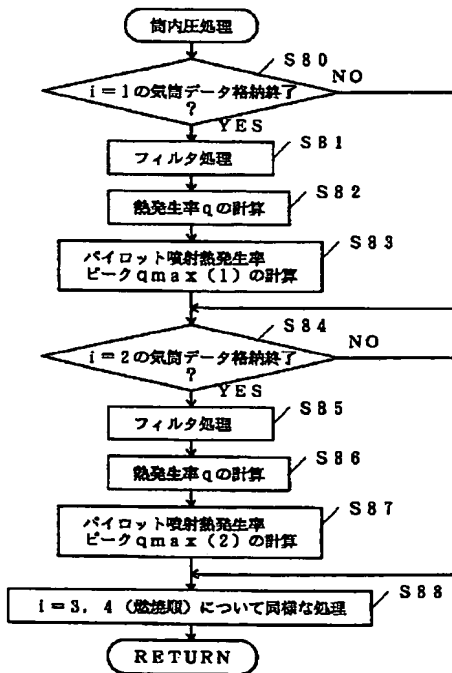
【図24】



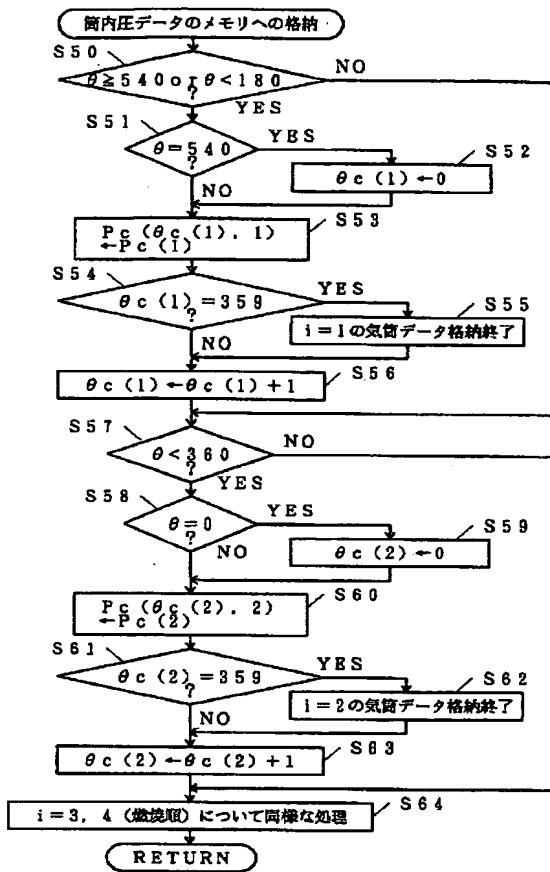
【図4】



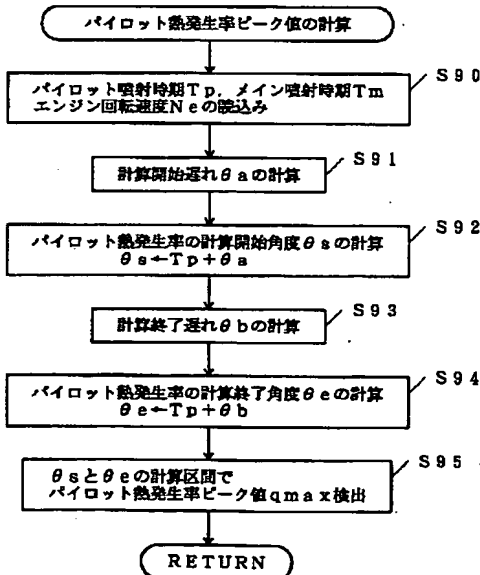
【図13】



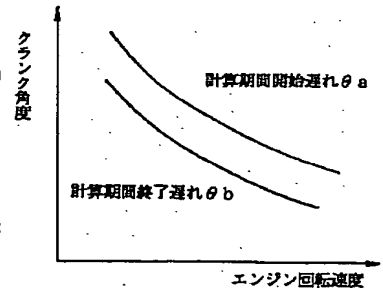
【図11】



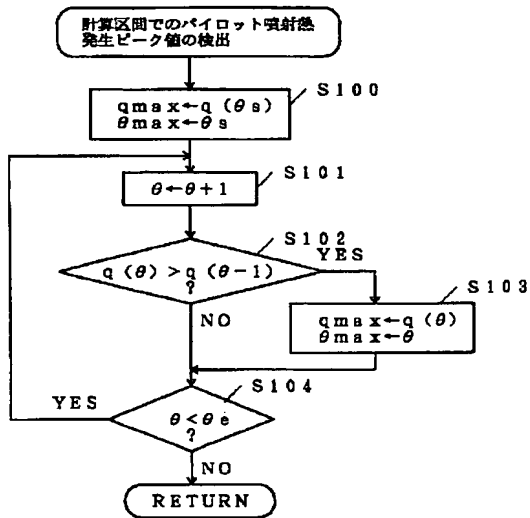
【図14】



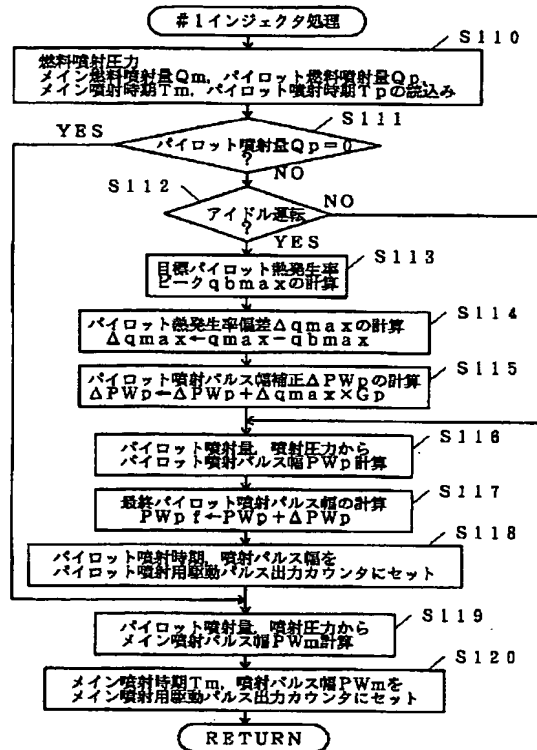
【図20】



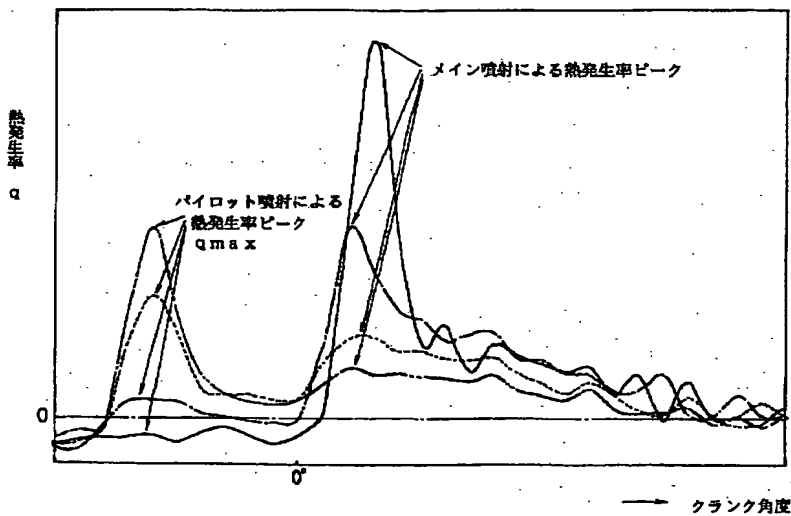
【図15】



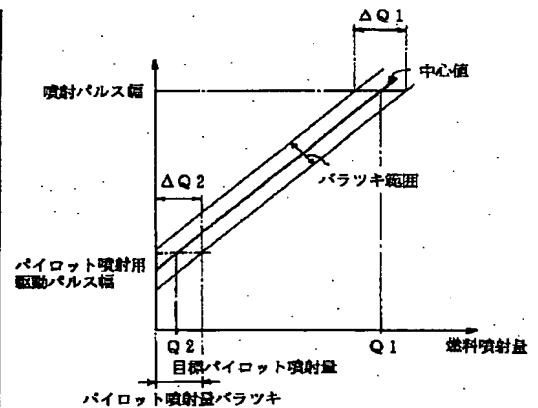
【図16】



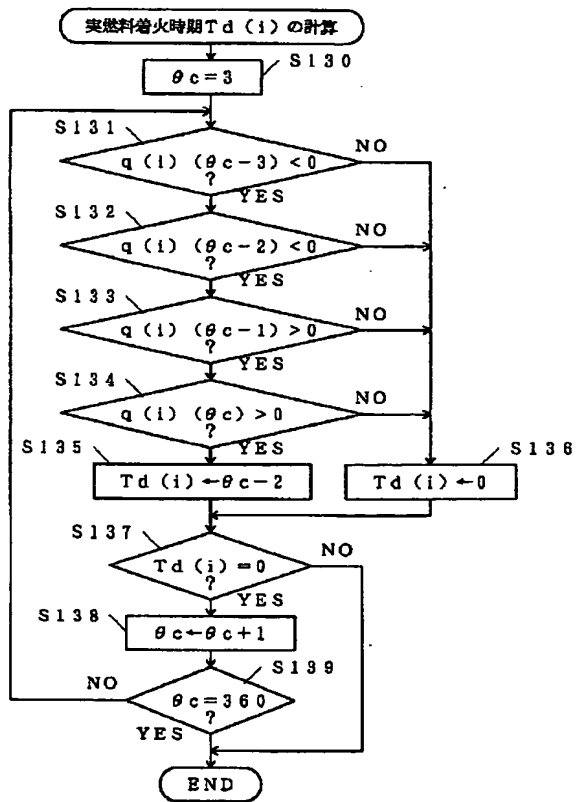
【図18】



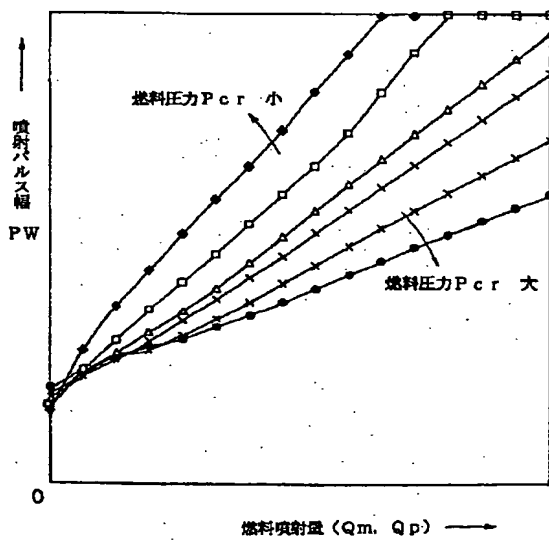
【図23】



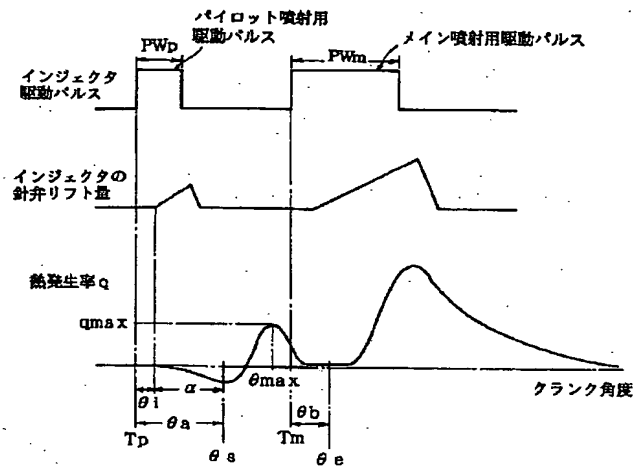
【図17】



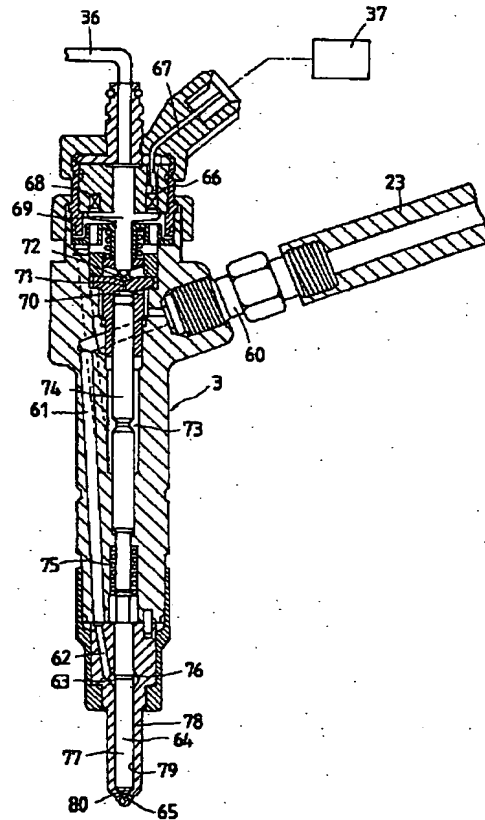
【図22】



【図19】



【図21】



**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] The fuel injected from an injector to a combustion chamber is divided into the Maine injection and the pilot injection preceded with said Maine injection. Inject, calculate the heat rate in said combustion chamber based on the pressure of said combustion chamber detected serially, and it sets from said heat rate to said pilot injection. The peak value of the pilot heat rate produced with ignition of said injected fuel is computed. Said target peak value of said pilot heat rate according to said operational status of said current engine is calculated from the target peak value of said pilot heat rate beforehand decided based on the operational status of said engine. The pilot fuel-oil-consumption control approach in the engine which consists of amending the pilot fuel oil consumption injected by said pilot injection so that the deflection of said peak value of said pilot heat rate and said target peak value may be lost.

[Claim 2] It is the pilot fuel-oil-consumption control approach in the engine according to claim 1 which the volume of said combustion chamber is called for serially and consists of said heat rate of said combustion chamber being calculated by said pressure of said combustion chamber detected serially, and said volume list of said combustion chamber called for serially from those rate of change.

[Claim 3] The count initiation stage when initiation delay has passed since pilot fuel injection timing when the driving pulse for pilot injection is supplied to said injector in order that said peak value of said pilot heat rate may perform said pilot injection, As maximum of said heat rate in the count period during the count termination stage when termination delay passed from Maine fuel injection timing when the driving pulse for the Maine injection is supplied to said injector in order to perform said Maine injection The pilot fuel-oil-consumption control approach in the engine according to claim 1 or 2 which consists of asking.

[Claim 4] Said initiation delay as said pilot injection from the injection lag of said injector and said injector until said injector actually starts said pilot injection from said pilot fuel injection timing It is the delay which totaled the ignition delay until said injected fuel is lit. Said termination delay As said Maine injection from the injection lag of said injector and said injector until said injector actually starts said Maine injection from said Maine fuel injection timing The pilot fuel-oil-consumption control approach in the engine according to claim 3 which consists of it being the delay which totaled the ignition delay until said injected fuel is lit.

[Claim 5] the electromagnetism with which said fuel supplied to said injector is equipped in said injector -- it carries out by opening wide the nozzle hole formed at the tip of said injector because answer the drive of an actuator and a needle valve carries out a lift -- having -- said pilot fuel oil consumption -- said electromagnetism of said injector -- the pilot injection-quantity control approach in an engine given in any 1 term of claims 1-4 which consist of being amended by changing the driving pulse width of face to an actuator.

[Claim 6] The injector which injects the fuel supplied through fuel passage to an engine combustion chamber, And the controller which controls the drive of said injector to divide and inject said fuel to the Maine injection and the pilot injection preceded with said Maine injection is provided. Said controller Based on the pressure of said combustion chamber detected serially, calculate the heat rate in said combustion chamber, and it sets from said heat rate to said pilot injection. The peak value of the pilot heat rate produced with ignition of said injected fuel is computed. Said target peak value of

said pilot heat rate according to said operational status of said current engine is calculated from the target peak value of said pilot heat rate beforehand decided based on the operational status of said engine. The pilot fuel-oil-consumption control unit in the engine which consists of amending the pilot fuel oil consumption injected by said pilot injection so that the deflection of said peak value of said pilot heat rate and said target peak value may be lost.

[Claim 7] Said controller is a pilot fuel-oil-consumption control unit in the engine according to claim 6 which changes from calculating said heat rate of said combustion chamber from those rate of change to said pressure of said combustion chamber detected serially, and said volume list of said combustion chamber for which it asked serially while asking for the volume of said combustion chamber serially.

[Claim 8] The count initiation stage when, as for said controller, initiation delay has passed said peak value of said pilot heat rate since pilot fuel injection timing when the driving pulse for pilot injection is supplied to said injector in order to perform said pilot injection, As maximum of said heat rate in the count period during the count termination stage when termination delay passed from Maine fuel injection timing when the driving pulse for the Maine injection is supplied to said injector in order to perform said Maine injection The pilot fuel-oil-consumption control unit in the engine according to claim 6 or 7 which consists of asking.

[Claim 9] Said initiation delay as said pilot injection from the injection lag of said injector and said injector until said injector actually starts said pilot injection from said pilot fuel injection timing It is the delay which totaled the ignition delay until said injected fuel is lit. Said termination delay As said Maine injection from the injection lag of said injector and said injector until said injector actually starts said Maine injection from said Maine fuel injection timing The pilot fuel-oil-consumption control unit in the engine according to claim 8 which consists of it being the delay which totaled the ignition delay until said injected fuel is lit.

[Claim 10] said injector -- electromagnetism -- an actuator and said electromagnetism -- the needle valve which answers and carries out a lift to what the actuator drove, and the nozzle hole wide opened when it is formed at the tip of said injector and said needle valve carries out a lift -- having --  
\*\*\*\* -- said pilot fuel oil consumption -- said electromagnetism of said injector -- the pilot injection-quantity control unit in an engine given in any 1 term of claims 6-9 which consist of being amended by changing the driving pulse width of face to an actuator.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention is preceded with the Main injection and relates to the pilot combustion injection-quantity control approach of the engine with which pilot injection is injected by the combustion chamber, and its equipment.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the diesel power plant, the common rail type fuel-injection system is known about fuel-injection control as an approach of attaining high-pressure-ization of fuel injection pressure and controlling injection properties, such as injection timing of a fuel, and injection quantity, the optimal according to engine operational status. A common rail type fuel-injection system is a fuel-injection system injected to the combustion chamber which corresponds from each injector under control of the fuel which stored the fuel pressurized by the predetermined pressure in the common rail which is common to two or more injectors, and stored it in the common rail with the fuel pump of a controller. The controller is controlling the fuel pressure of a common rail, and the actuation of a control valve prepared in each injector so that a fuel is injected on the optimal injection conditions to engine operational status in each injector. In order to control operation of an engine the optimal, in a common rail fuel-injection system The fuel oil consumption and fuel injection timing which were beforehand decided according to engine operational status are map-ized. It map-izes. it memorizes for a controller -- making -- this -- It is based on the target fuel oil consumption which asked for the memorized fuel oil consumption, the target fuel oil consumption corresponding to the operational status of an engine current [ fuel injection timing to ], and target fuel injection timing, and was calculated, target fuel injection timing and current fuel oil consumption, and deflection with fuel injection timing. The fuel injection valve of an injector It controlled electronically and the fuel is injected from the nozzle hole formed in the injector.

[0003] The structure of an injector 3 is briefly explained with reference to drawing 21 . Drawing 21 is drawing of longitudinal section of an injector. Although an injector 3 is attached in the hole prepared in the bases, such as the cylinder head, by the seal member at a seal condition, it is omitting illustration about structures, such as the cylinder head. The branch pipe 23 which branched from the common rail is connected to the top flank of an injector 3 through the fuel inlet-port joint 60. The fuel paths 61 and 62 are formed in the interior of the body of an injector 3, and fuel passage consists of a branch pipe 23 and fuel paths 61 and 62. The fuel supplied through fuel passage is injected by the combustion chamber through the path around the reserve-well ball 63 and a needle valve 64 from the nozzle hole 65 opened at the time of the lift of a needle valve 64.

[0004] In order to control the lift of a needle valve 64, the needle-valve lift device of a balance chamber type is prepared in the injector 3. namely, -- the topmost part of an injector 3 -- electromagnetism -- an actuator 66 prepares -- having -- \*\*\*\* -- the control current as a control signal from a controller 37 -- a signal line 67 -- leading -- electromagnetism -- the electromagnetism of an actuator 66 -- it is sent to a solenoid 68. electromagnetism -- if a solenoid 68 is excited, since the closing motion valve 72 which the armature 69 went up and was prepared in the edge of the fuel way 71 will be opened, the fuel pressure of the fuel supplied to the balance chamber 70 is released from fuel passage through the fuel way 71. In the hollow hole 73 formed in the interior of the body of an injector 3, the control piston 74 is formed possible [ rise and fall ]. Since the force which



pushes up a control piston 74 rather than the push-down force committed to a control piston 74 based on the fuel pressure which acts on the taper side 76 which attends the reserve-well ball 63 according to the force and the spring force of a return spring 75 based on the pressure in the lowered balance chamber 70 excels, a control piston 74 goes up. Consequently, the lift of a needle valve 64 is permitted and a fuel is injected from a nozzle hole 65. Fuel oil consumption is defined by the fuel pressure in fuel passage, and the lift (the amount of lifts, lift period) of a needle valve. in order that the lift of a needle valve 64 may carry out closing motion control of the closing motion valve 72 -- electromagnetism -- the driving pulse as the control current sent to a solenoid 68 is determined. In addition, it can slide on few clearances and, as for the valve stem 77 of a needle valve 64, the taper section 80 currently formed at the tip of a valve stem 77 is enabling closing motion of a nozzle hole 65 of the inside of the hollow hole 79 of a nozzle 78 in contact with the taper section to which the nozzle 78 corresponded.

[0005] general -- drawing 22 -- the electromagnetism from the fuel oil consumption  $Q$  and the controller 37 of an injector 3 -- relation with injection pulse width  $W$  supplied to a solenoid 68 is shown considering fuel pressure  $P_{cr}$  (fuel pressure in a common rail 2) as a parameter. If fuel pressure  $P_{cr}$  is set constant, fuel oil consumption  $Q$  increases, so that injection pulse width  $W$  is large, and even if it is the same injection pulse width  $W$ , fuel oil consumption  $Q$  will become large, so that fuel pressure  $P_{cr}$  is size. On the other hand, since fuel injection falls with the standup time of day of an injection pulse, and it is fixed-time-behind to time of day and it starts or stops, injection timing is controllable when an injection pulse controls ON or the stage to become off.

[0006] By the way, a diesel power plant tends to make a combustion noise, when it is in a low speed like idling operation, and the operational status of a low load. This combustion noise originates in the ignition delay of a fuel, and is generated. Therefore, it is known that it is effective to inject by the pilot injection (preliminary injection) which precedes the fuel of some amounts with the Maine injection, and performs it among the total fuel oil consumption in a combustion cycle as a means to cope with a combustion noise. Since the temperature of the wall surface of a combustion chamber is fully raised and the main remaining fuel quantity is injected after that by burning the fuel injected by pilot injection (Maine injection), combustion of the rapid fuel produced to the overdue timing, i.e., the ignition delay of the Maine injection, is avoidable. Moreover, since injection of a fuel is divided into pilot injection and the Maine injection, initial combustion is controlled and reduction of NOx can also be aimed at. That is, since the amount of the gaseous mixture which a certain amount of gaseous mixture burns in early stages of combustion, and burns by the Maine injection decreases, the temperature of combustion can be stopped and the yield of NOx decreases.

[0007] However, since there is individual difference by many factors, such as the die length of the branch pipe 23 which connects the processing error and assembly error of an injector 3, a common rail, and an injector 3, in the fuel-injection property of an injector 3 prepared in each gas column, it is difficult for there to be variation in the fuel quantity (henceforth real fuel oil consumption) actually injected in each injector 3, and to make real fuel oil consumption in agreement with target fuel oil consumption.

[0008] Thus, by the idle operational status whose fuel oil consumption decreases extremely, although pilot injection is an effective means at the point of preventing a combustion noise and generating of NOx, as shown in drawing 22, it becomes difficult [ it / to control fuel oil consumption  $Q$  by the magnitude of the common-rail-pressure force  $P_c$ , and injection pulse width  $W$  ]. namely, the thing for which the common-rail-pressure force  $P_{cr}$  is changed as a parameter in the field where fuel oil consumption is large -- moreover, the electromagnetism of an injector 3 -- although fuel oil consumption is effectively controllable by changing injection pulse width  $W$  supplied to an actuator, in the field where fuel oil consumption is small, the common-rail-pressure force  $P_{cr}$  and injection pulse width  $W$  are difficult to control fuel oil consumption finely.

[0009] Although the rate ( $\Delta Q_1/Q_1$ ) to the target fuel oil consumption  $Q_1$  of the variation range  $\Delta Q_1$  of fuel oil consumption is a comparatively small value even if it is the same injection pulse width when target fuel oil consumption is a big value ( $Q_1$ ) as this situation is shown in drawing 23. Since it is a value with fuel oil consumption  $Q_2$  small in pilot injection, the rate to the target fuel oil consumption  $Q_2$  of the variation range  $\Delta Q_2$  of the fuel oil consumption at the time of being the same pilot injection pulse width may be understood also from becoming very large.

[0010] Therefore, by the pilot injection with little fuel oil consumption, a role of pilot injection may be unable to be originally played by the variation in the fuel-injection property of each of this injector 3. Aging may arise in the fuel-flow property from the common rail to each injector 3, and even if the role of pilot injection can expect at the beginning, it may become impossible furthermore, to achieve in connection with the passage of time. Since there are the above phenomena about pilot injection, even if it is going to perform pilot injection, in some gas columns, pilot injection may not be performed and there is a trouble that the reduction effectiveness of a combustion noise and NOx by pilot injection will decrease.

[0011] By the way, what controls either or the both sides of Maine fuel injection timing and pilot fuel injection timing is proposed so that the peak of the combustion of a fuel by which pilot injection was carried out, and its near may be detected as a combustion injection control unit of a diesel power plant and the initiation stage of the Maine injection may serve as a flammability peak of the fuel by pilot injection, or its near (JP,2-95751,A). Detection of the peak of the combustion of a fuel by which pilot wave injection or Maine injection was carried out detects the pressure wave form of a combustion chamber, transposes a pressure wave form to a heat rate, and is performed by detecting the heat release peak corresponding to pilot injection or the Maine injection from a heat release pattern.

[0012] Moreover, there are some which were indicated by JP,62-17343,A as what controls pilot fuel injection timing in order to decrease an engine combustion noise. The sensor which detects noise level near the engine is attached, the change in noise level is detected [ which advances pilot fuel injection timing slightly / or or ] by whether retreat is carried out, and feedback control of the pilot fuel injection timing is carried out in the direction in which the engine noise serves as min.

[0013]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Then, in an engine, even when it detects whether the fuel of a complement is injected by pilot injection and variation and aging are in the fuel-injection property of each injector based on the detection result, the technical problem whether the required pilot injection quantity is securable in pilot injection occurs.

[0014]

[Means for Solving the Problem] In the engine with which the fuel which the purpose of this invention is solving the above-mentioned problem, and was injected from the injector lights and burns By detecting the combustion chamber internal pressure which changes when the fuel injected by pilot injection and the Maine injection is lit, and calculating a heat rate based on combustion chamber internal pressure It notes being able to know whether ignition and combustion of the fuel by pilot injection are performed enough. When the fuel injected by pilot injection based on the count result lights and burns By amending the pilot injection pulse width which drives the actuator of an injector so that the appearing heat rate (henceforth a pilot heat rate) may be set to predetermined level Even when variation and aging are in the fuel-injection property of each injector, it is offering the pilot injection-quantity control approach which makes it possible to make required fuel quantity inject in pilot injection, and its equipment.

[0015] This invention divides the fuel injected from an injector to a combustion chamber into the Maine injection and the pilot injection preceded with said Maine injection. Inject, calculate the heat rate in said combustion chamber based on the pressure of said combustion chamber detected serially, and it sets from said heat rate to said pilot injection. The peak value of the pilot heat rate produced with ignition of said injected fuel is computed. Said target peak value of said pilot heat rate according to said operational status of said current engine is calculated from the target peak value of said pilot heat rate beforehand decided based on the operational status of said engine. It is related with the pilot fuel-oil-consumption control approach in the engine which consists of amending the pilot fuel oil consumption injected by said pilot injection so that the deflection of said peak value of said pilot heat rate and said target peak value may be lost.

[0016] Moreover, the injector which injects said fuel with which this invention was supplied through fuel passage to an engine combustion chamber, And the controller which controls the drive of said injector to divide and inject said fuel to the Maine injection and the pilot injection preceded with said Maine injection is provided. Said controller Based on the pressure of said combustion chamber detected serially, calculate the heat rate in said combustion chamber, and it sets from said heat rate to

said pilot injection. The peak value of the pilot heat rate produced with ignition of said injected fuel is computed. Said target peak value of said pilot heat rate according to said operational status of said current engine is calculated from the target peak value of said pilot heat rate beforehand decided based on the operational status of said engine. It is related with the pilot fuel-oil-consumption control unit in the engine which consists of amending the pilot fuel oil consumption injected by said pilot injection so that the deflection of said peak value of said pilot heat rate and said target peak value may be lost.

[0017] According to the pilot fuel-oil-consumption control approach in the engine by this invention, and its equipment, the heat rate in a combustion chamber is calculated based on the pressure of the combustion chamber detected serially, and the peak value of the pilot heat rate produced from a heat rate with ignition of the fuel injected in pilot injection is computed. On the other hand, the target peak value of the pilot heat rate according to the operational status of a current engine is calculated from the target peak value of the pilot heat rate beforehand decided based on engine operational status. Since the peak value of a pilot heat rate is controlled in agreement with target peak value by amending the pilot fuel oil consumption injected by pilot injection, even when variation and aging are in the fuel-injection property of each injector, in pilot injection, the required pilot injection quantity is always secured and becomes possible [ maintaining engine actuation stability, engine exhaust gas engine performance, etc. good ].

[0018] Moreover, in the pilot fuel-oil-consumption control approach in the engine by this invention, and its equipment, the volume of said combustion chamber is called for serially and the heat rate of a combustion chamber is calculated from those rate of change by the pressure of the combustion chamber detected serially, and the volume list of a combustion chamber called for serially.

[0019] In the pilot fuel-oil-consumption control approach in the engine by this invention, and its equipment moreover, the peak value of said pilot heat rate The count initiation stage when initiation delay has passed since pilot fuel injection timing when the driving pulse for pilot injection is supplied to an injector in order to perform pilot injection, In order to perform Maine injection, as a count period during the count termination stage when termination delay passed, it asks as maximum of the heat rate within the count period from Maine fuel injection timing when the driving pulse for the Maine injection is supplied to an injector.

[0020] In the pilot fuel-oil-consumption control approach in the engine by this invention, and its equipment moreover, initiation delay As pilot injection from the injection lag of an injector and an injector until an injector actually starts pilot injection from pilot fuel injection timing It is the delay which totaled the ignition delay until the injected fuel is lit. Termination delay It is the delay which totaled the ignition delay until the fuel injected as Maine injection from the injection lag of an injector and an injector until an injector actually starts the Maine injection from Maine fuel injection timing is lit.

[0021] furthermore, the electromagnetism with which the fuel supplied to said injector is equipped in an injector in the pilot fuel-oil-consumption control approach in the engine by this invention, and its equipment -- it carries out by opening wide the nozzle hole formed at the tip of an injector because answer the drive of an actuator and a needle valve carries out a lift -- having -- pilot fuel oil consumption -- the electromagnetism of an injector -- it is amended by changing the driving pulse width of face to an actuator. for example, the electromagnetism of said injector -- the amount of amendments of the driving pulse width of face to an actuator is calculated by amending the amount of amendments of the last driving pulse width of face based on the deflection of the maximum heat rate and the target maximum heat rate. furthermore, the electromagnetism calculated based on the pilot injection quantity calculated according to engine operational status -- what amended the driving pulse width of face to an actuator in the amount of amendments of this driving pulse width of face -- the electromagnetism of said injector -- it is set up as last driving pulse width of face to an actuator.

[0022]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, with reference to a drawing, the pilot injection-quantity control approach by this invention and its equipment are explained. The graph which showed the situation of change of the cylinder [ drawing 2 / which show one example of the engine with which the pilot injection-quantity control device according / drawing 1 / to this invention was applied / the mimetic diagram and drawing 2 R> 2 ] internal pressure according to progress of whenever [ crank

angle ], the rate of fuel injection, and a heat rate, and drawing 3 are graphs which show outlines, such as cylinder internal pressure in each injector in accordance with progress of whenever [ crank angle ], and data processing. In addition, the structure of an injector 3 etc. can adopt what is already known as an example of this invention, unless it is contradictory to this invention, and it uses it for explanation of an example suitably.

[0023] The outline of a common rail type fuel-injection system in which the pilot injection-quantity control approach of the engine by this invention and its equipment are applied is shown in drawing 1. In this common rail type fuel-injection system, an engine is a 4-cylinder engine. Fuel supply to the injectors 31, 32, 33, and 34 (3 is used when naming generically) which inject a fuel, respectively is performed to the combustion chamber (not shown) formed in a cylinder 2 from a common rail 22 through the branch pipe 23 which constitutes a part of fuel passage. A feed pump 26 pressurizes the fuel which was made to pass a filter 25 and was sucked out of the fuel tank 24 at a predetermined pressure, and sends the pressurized fuel into a fuel pump 20 through a fuel pipe 27. A fuel pump 20 is a fuel feed pump for the so-called plunger-type supplies which drives with an engine and carry out a pressure up to the high pressure to which a fuel is set based on engine operational status etc. and which are supplied to a common rail 22 through a fuel pipe 29. A fuel is stored by the common rail 22 where a pressure up is carried out to a predetermined pressure, and it is supplied to each injector 3 from a common rail 22. An injector 3 injects a fuel under control of the controller 37 which is an electronic control unit to the combustion chamber which corresponds with suitable fuel injection timing and the suitable injection quantity. The injection pressure of the fuel injected from an injector 3 is that which requires abbreviation etc. by carrying out, the pressure, i.e., the common-rail-pressure force, of the fuel currently stored by the common rail 22, and the common-rail-pressure force is controlled by controlling an injection pressure. The fuel relieved from the fuel pump 20 is returned to a fuel tank 24 through the return tubing 35. Moreover, the fuel which was not spent on the injection to a combustion chamber among the fuels supplied to the injector 3 from the branch pipe 23 is returned to a fuel tank 24 through the return tubing 36.

[0024] The signal from the various sensors for detecting the operational status about the engine of the coolant temperature sensor 13 grade for detecting a circulating water temperature in the accelerator opening sensor 11 for detecting a sensor 10 and the amount Acc of accelerator opening whenever [ for detecting an engine speed Ne / crank angle ], the common-rail-pressure force sensor 12 which is formed in a common rail 22 and detects the fuel pressure in a common rail 22 (common-rail-pressure force), and a list is inputted into the controller 37. The pressure sensor of inhalation of air for detecting for example, the pressure of inhalation of air besides these sensors can be included. A controller 37 controls fuel injection timing and the injection quantity of the injection property of the fuel by each injector 3, i.e., a fuel, so that engine power turns into the optimal output adapted to operational status based on these signals. Even if the fuel in a common rail 22 is consumed by a fuel being injected from an injector 3, a controller 37 controls the discharge quantity of a fuel pump 20 so that the common-rail-pressure force Pcr becomes fixed.

[0025] The multiple cylinder engine 1 shown in drawing 1 is a 4-cylinder engine. The injectors 31, 32, 33, and 34 (3 is used when naming generically) which inject a fuel, and the cylinder internal pressure sensors 41, 42, 43, and 44 (4 is used when naming generically) as a pressure detection means to detect the pressure (cylinder internal pressure) of a combustion chamber are arranged in the combustion chamber (not shown) formed in a cylinder 2 by four gas column #1-#4, respectively. the cylinder internal pressure sensor 4 -- each -- it is faced and attached in the combustion chamber of gas column #1-#4. the cylinder internal pressure sensor 4 detected -- each -- the signal showing the cylinder internal pressure of gas column #1-#4 is inputted into a controller 37. Moreover, the signal which the sensor 10 detected, respectively is also inputted into a controller 37 whenever [ sensor 8 which is formed in multiple cylinder engine 1 and acquires information about rotation of engine, i.e., gas column distinction sensor which distinguishes gas column used as criteria, BTDC (before topdead center) sensor / which detects a location whenever / crank angle / in front of a compression top dead center / 9, and crank angle ].

[0026] Drawing 2 is the graph which showed the situation of change of the cylinder internal pressure (combustion chamber internal pressure) Pc, the rate Rf of fuel injection, and a heat rate q to whenever [ crank angle ]. Although change of the cylinder internal pressure Pc in case fuel injection

is not performed carries out symmetrical change to the peak of the cylinder internal pressure  $P_c$  with change of whenever [ crank angle ], if the fuel which fuel injection was performed and was injected at time of day  $T_0$  is lit, the rise of the cylinder internal pressure  $P_c$  will become loose a little, and it will increase greatly after that. It is difficult to ask for whenever [ as a fuel ignition stage / crank angle ] correctly from this cylinder internal pressure  $P_c$  that goes abruptly up. In addition, injection control of the rate  $R_f$  of fuel injection shown in the graph of the middle is carried out so that it may have two peaks of initial injection and the Main injection.

[0027] Drawing 3 is a graph which shows the outline of change of the cylinder internal pressure accompanying progress of whenever [ crank angle ], and the generating situation of various signals. Since an engine is a four stroke cycle engine, counted value theta of whenever [ crank angle / KANUTO / crank angle / for 1 degree of every crank angles / 1 ] is 0 in the compression top dead center of # 1 cylinder, and takes a round of two rotations 719 of a crankshaft, i.e., counted value. Four graphs of the upper case of drawing 3 express change of the cylinder internal pressure  $P_c$  accompanying progress of counted value theta of whenever [ crank angle / of gas column #1-#4 ], respectively. Since an engine 1 is a 4-cylinder, if the gas column number  $n$  is set to #1-#4 according to the list of a train, the combustion sequence  $i$  will serve as order of #1 ->#3 ->#4 ->#2, as shown in Table 1.

[Table 1]

燃焼順序 $i$	気筒番号 $n$
1	# 1
2	# 3
3	# 4
4	# 2

each -- in gas column #1-#4, when it greets like compression / explosion line one after another in above order, combustion is performed and a certain gas column passes like an explosion line, the following gas column is contained in the compression stroke. The output of each sensor about rotation of an engine is shown in the graph of the middle of drawing 3. # Since the gas column of 1 is a criteria gas column, a gas column distinction (REF) signal is outputted at 120 degrees in front of a compression top dead center. Moreover, a BTDC signal is outputted at 60 degrees in front of the compression top dead center of each gas column. # About a 1 cylinder, since it is made counted value theta to 180 degrees (i.e., whenever [ crank angle ]) behind a compression top dead center from 180 degrees in front of a compression top dead center, and # 1 cylinder greets like compression / explosion line when it is less than 180 or more in 540, the cylinder internal pressure  $P_c$  which changes a lot at this period is detected, and that detection data is stored. Based on the stored data, the Main processing calculates in the predetermined time amount of 180 degrees behind a compression top dead center, and processing of an injector 31 is performed based on a next BTDC interrupt signal. the graph of the lower berth of drawing 3 -- the increment in counted value theta of whenever [ crank angle ] -- following -- each -- the sequence and timing of processing of each injector 3 in gas column #1-#4 are shown roughly.

[0028] The relation of the various kinds of sensors and an injector 3 centering on the controller 37 of this engine is shown in drawing 4. Drawing 4 is the block diagram of the controller 37 which performs fuel-injection control which includes pilot injection-quantity control of the multiple cylinder engine which outputs the control signal to each injector in response to the detecting signal from the various sensors about rotation of an engine, and a cylinder internal pressure sensor. the gas column distinction (REF) sensor 8 which distinguishes the location of 120 degrees before the gas column from which the rotation sensor of an engine 1 serves as criteria among gas column #1-#4, for example, the top dead center of #1, -- each -- it consists of a sensor 10 whenever [ BTDC (before top dead center) sensor / which detects 60 degrees in front of the top dead center like the explosion line of gas column #1-#4 / 9, and crank angle / which detects whenever / crank angle / for every degree ]. In relation to the driving shaft of a fuel pump 20, or the cam shaft for an induction-exhaust valve drive, it is arranged so that the gas column distinction sensor 8 and the BTDC sensor 9 may emit four

BTDC signals and one REF signal, respectively, while a crankshaft rotates it two times, since an engine 1 is a four stroke cycle engine. A signal is inputted into being inputted into CPU14, and parallel also at DSP (digital signal processor)15 whenever [ crank angle / which the sensor detected whenever / gas column distinction signal / which the gas column distinction REF sensor detected /, and crank angle ]. DSP15 can subtract and add the inputted signal at high speed.

[0029] In addition to each sensors 8-10 about rotation of the above-mentioned engine 1, in a controller 37, the detecting signal from the common-rail-pressure force sensor 12 showing the operational status of an engine 1 which detects pressures, such as the accelerator opening sensor 11 and a common rail, as a thing and the coolant temperature sensor 13 which detects the temperature of the cooling water which performs cooling of an engine 1, or a MAP sensor is inputted into a central processing unit (CPU) 14.

[0030] An exchange of the data between CPU14 and DSP15 is performed through the dual port memory 16 which is common RAM which can be written from both of CPU14 and DSP15. It connects through the CPU bus 17 between CPU14 and dual port memory 16, and connects through the DSP bus 18 between DSP15 and dual port memory 16. The cylinder internal pressure sensors 4 which detect the cylinder internal pressure  $P_c$  are the cylinder internal pressure sensors 41-44 faced and formed in each combustion chamber of gas column #1-#4, and detect the cylinder internal pressure  $P_c$  as relative pressure (gage pressure) with an atmospheric pressure. The analog signal of the cylinder internal pressure which the cylinder internal pressure sensors 41-44 detected is inputted into A-D converter 19, is changed into a digital signal, and is sent to DSP15 through the DSP bus 18.

[0031] the result to which CPU14 was processed by DSP15 about the information showing the operational status of the engine 1 inputted directly, and the cylinder internal pressure from the cylinder internal pressure sensors 41-44 from each sensors 8-13 -- being based -- an operation -- carrying out -- each -- control about fuel injection prepared respectively corresponding to gas column #1-#4, such as fuel injection timing of injectors 31-34 and fuel oil consumption, is performed. DSP15 processes addition and subtraction of the digital signal about the cylinder internal pressure  $P_c$  at high speed. Since this processing is digital processing, the differential and the integral of the cylinder internal pressure  $P_c$  can also be calculated similarly at high speed. Moreover, in order that CPU15 may control the discharge quantity of the fuel pump 20 of an adjustable type in order to control the pressure of a common rail, and it may control the amount of exhaust gas recirculation, it controls EGR valve 21.

[0032] The fuel characteristics-of-spray-amount map on which it opted for the fuel-injection control by CPU14 beforehand based on the signal from the operational status 11 of a multiple cylinder engine 1, i.e., an accelerator opening sensor, and the sensors 8-10 about rotation of an engine 1 is memorized, and the target fuel oil consumption according to the operational status of a current engine is calculated from this property map. The pilot injection quantity is calculated from this target fuel oil consumption and engine speed. in agreement with the peak value of the heat rate to which it asks and the peak value of the heat rate searched for serves as a target based on pilot injection from the cylinder internal pressure  $P_c$  to which the cylinder internal-pressure sensors 41-44 detected the peak value of the pilot heat rate based on ignition and combustion of the fuel injected by pilot injection in the pilot injection-quantity control by this invention -- as -- the electromagnetism of an injector -- the pilot injection pulse width supplied to an actuator is amended. Hereafter, control of this pilot injection quantity is explained. In addition, this explanation is given together with amendment of the fuel injection timing which amends the fuel injection timing of each injector 3 in consideration of an ignition delay in order to make in agreement the real combustion ignition stage called for from the cylinder internal pressure which each cylinder internal pressure sensor 4 detected at a target combustion ignition stage.

[0033] CPU14 performs Maine processing shown in drawing 5 . Drawing 5 is a flow chart which shows the Maine processing of CPU in the controller shown in drawing 4 . This Maine processing consists of each following step.

- (1) Initialization of CPU14 is performed (it abbreviates to step 1 and S1.). It is below the same.
- (2) Process a sensor signal (S2). The detecting signal from various kinds of sensors inputted into CPU14 as shown in drawing 4 is processed.

(3) Perform count of the fuel quantity which each injector 3 should inject, i.e., fuel oil consumption, based on the information acquired by signal processing performed by S2 (S3). Count of fuel oil consumption is performed by calculating the target fuel oil consumption  $Q_b$  corresponding to the current accelerator opening which the accelerator opening sensor 11 detected in the characteristics-of-spray-amount map decided beforehand by accelerator opening and the engine speed, and the engine speed called for from the BTDC signal etc. (the last fuel oil consumption may be calculated in the amount of amendments of the required injection quantity).

(4) Moreover, based on the information acquired by signal processing performed by S2, the stage when each injector 3 should inject a fuel, i.e., fuel injection timing, is calculated (S4). On the fuel-injection-timing property map beforehand decided based on fuel oil consumption and an engine speed, the target fuel injection timing corresponding to the fuel oil consumption calculated by S3 and a current engine speed is called for.

(5) The pressure which injects a fuel, i.e., fuel injection pressure, is calculated so that the fuel oil consumption calculated by S3 can be injected at the fuel injection timing asked by S4 based on the information furthermore acquired by signal processing performed by S2 (S5). Control of fuel injection pressure is performed by asking for a target injection pressure from fuel oil consumption and an engine speed, and is performed by still more specifically controlling the flow control valve prepared in relation to a fuel pump 20, and controlling the common-rail-pressure force  $P_{cr}$ . Fuel-injection control consists of injection-quantity control, fuel-injection-timing control, and an injection pressure force control as above-mentioned, and a controller 37 performs control of each injector 3 and the common-rail-pressure force  $P_{cr}$  so that a fuel may be injected from each injector 3 on each above-mentioned injection conditions. After CPU14 is initialized by S1, S2-S5 are performed in order to the injector 3 which should perform fuel injection, respectively, and above S2-S5 are repeated for every injection. The fuel injection pressure defined by the fuel oil consumption, the fuel injection timing, and the adjustable type fuel pump 20 which an injector 3 should inject is controlled so that fuel injection becomes the optimal under the relation of the trade-off which exists between exhaust gas, the noise, and an output.

[0034] One reference mark (loss of teeth is sufficient) is formed in the angular position corresponding to 120 degrees in front of the compression top dead center of criteria gas column #1, and when the gas column distinction sensor 8 detects this reference mark, 1 time per pumping-axes 1 rotation of a REF signal is outputted to the rotor plate fixed to the pumping axes of a fuel pump 20, or the cam shaft for an induction-exhaust valve drive. The gas column distinction sensor's 8 output of a REF signal performs REF interrupt processing as shown in drawing 6. Drawing 6 is a flow chart which shows interrupt processing when a gas column distinction signal is inputted into CPU14 in the Maine processing shown in drawing 5. In this interrupt processing, reset processing which sets counted value  $CNb$  of a BTDC signal to 0 is performed. That is, since a multiple cylinder engine 1 is a 4-cylinder engine, a BTDC signal can take four integers from 0 to 3. Since the gas column distinction sensor 8 detects this reference mark before injection and ignition of the fuel in each gas column take a round from from and counted value  $CNb$  is set to 4, when counted value  $CNb$  is 0, counted value  $CNb$  is set to 0 (S6).

[0035] The mark (loss of teeth is sufficient) in front of [ of four ] a top dead center is formed in the angular position corresponding to 60 degrees every 90 degrees in front of the compression top dead center in each gas column, and when the BTDC sensor 9 detects a mark in front of a top dead center, 4 times per pumping-axes 1 rotation of BTDC signals are outputted to the rotor plate fixed to the pumping axes of a fuel pump 20, or the cam shaft for an induction-exhaust valve drive (see the graph shown in the middle of drawing 3). If a BTDC signal is inputted into CPU14, BTDC signal interrupt processing which is explained below will be performed.

[0036] BTDC signal interrupt processing of drawing 7 is performed as follows. Drawing 7 is a flow chart which shows interrupt processing in the CPU Maine processing shown in drawing 5 when a BTDC signal is inputted.

(1) The rotational speed of an engine 1 is calculated (S10). That is, based on the time amount taken [ after detecting the last BTDC signal ] to detect this BTDC signal, the rotational speed of the engine 1 per unit time amount is computed.

(2) Judge whether the counted value  $CNb$  of a BTDC signal is 0 (S11). If counted value  $CNb$  is 0,



fuel-injection processing (activation of the fuel injection of S2-S5, and after that) of the injector 31 formed in the gas column (#1) of the combustion sequence  $i=1$  will be performed (S12). The outline of the timing of processing of this injector is shown in the graph of the bottom of drawing 3.

(3) If counted value CNb is not 0 in the judgment by S11, it will shift to S13 immediately and will judge whether counted value CNb is 1 (S13).

(4) If counted value CNb is 1, fuel-injection processing (activation of the fuel injection of S2-S5, and after that) of the injector 33 formed in the gas column (#3) of  $i=2$  will be performed (S14).

(5) If counted value CNb is not 1 in the judgment by S13, it will shift to S15 immediately and fuel-injection processing of the injector in the case of being YES will be performed in the same judgment processing as the above, and judgment processing below (S15).

(6) By S12, S14, or S15, if fuel-injection processing of which injector 3 of #1-#4 is performed, since it will surely be set to NO in judgments other than the judgment of the corresponding counted value CNb, make into the new counted value CNb what increased 1 to counted value CNb by S16 (S16), and end this interrupt processing. Also in this next interrupt processing, the judgment to the following counted value CNb serves as YES by either of the same judgments by S11, S13, or S15. If the sequential increment of the counted value CNb is carried out and counted value CNb is set to 3, before counted value CNb is set to 4, a reference mark will be detected, and counted value CNb will be reset by S6 0.

[0037] Next, the Maine processing of DSP15 is explained with reference to drawing 8. Drawing 8 is a flow chart which shows the DSP Maine processing in the controller shown in drawing 4.

(1) Initialize DSP (S20).

(2) If initialization is completed, cylinder internal pressure processing will be performed (S21). It is for cylinder internal pressure processing being processing of the cylinder internal pressure data of detected gas column #1-#4, performing it by repeating cylinder internal pressure data processing for every degree whenever [ crank angle ] about gas column #1-#4 corresponding, and calculating count of a heat rate, peak value of the pilot heat rate based on it, etc. About the detail of cylinder internal pressure processing, it mentions later.

[0038] In DSP, AD translation termination-interrupt processing shown in drawing 9 is performed as a premise for performing processing in a cylinder shown in S21. Drawing 9 is a flow chart which shows interrupt processing at the time of the AD translation termination in the DSP Maine processing shown in drawing 7. In this interrupt processing, each step of the read in of the AD translation result of cylinder internal pressure (namely, chamber pressure), initialization of whenever [ crank angle ], storing in the memory of cylinder internal pressure data, and renewal of whenever [ crank angle ] is performed synchronizing with 1 degree whenever [ crank angle ] changing. That is, although the cylinder internal pressure of each gas column is changed into digital one from the analog by A-D converter 19 (refer to drawing 4) for every degree whenever [ crank angle ], interrupt processing is performed whenever conversion by this A-D converter 19 ends the AD translation termination-interrupt processing shown in drawing 9.

(1) Read the AD translation result AD<sub>r</sub> of cylinder internal pressure (i) (S30). The AD translation result AD<sub>r</sub> of each cylinder internal pressure (i) is read as P<sub>c</sub> (i) in order of [ i ] combustion (= 1-4).

(2) Next, initialization of whenever [ crank angle ] is performed (S31).

(6) Cylinder internal pressure data are stored in memory (S32).

(7) Renewal of whenever [ crank angle ] is performed (S33). About S31-S33, a detail is explained below, respectively.

[0039] Next, with reference to the flow chart shown in drawing 10, initialization of whenever [ in S31 / crank angle ] is explained. Drawing 10 is a flow chart which shows processing of initialization of whenever [ in interrupt processing at the time of the AD translation termination which \*\* to drawing 9 / crank angle ]. An engine is a 4-cylinder engine, and since injection and ignition of the fuel of each gas column take a round of two rotations of a crankshaft, a round period of whenever [ crank angle ] is 720 by the count of a count. Counted value theta of whenever [ crank angle ] counts 1 at 1 degree. The counted value to 719 is taken until counted value theta of whenever [ crank angle ] sets the time of the gas column (#1) of the combustion sequence  $i=1$  taking the location of a top dead center to 0 and injection and ignition of the fuel of a 4-cylinder take a round.

(1) Judge whether initialization of whenever [ crank angle ] is already completed (S40). If



initialization of whenever [ crank angle ] is completed, it will already return to the routine of an AD translation termination interrupt immediately. If initialization of whenever [ crank angle ] is not completed, a step shifts to S41.

(2) Judge whether the REF signal outputted to 120 degrees in front of the top dead center of a specific gas column (#1), i.e., the gas column of  $i=1$ , has started (S41). If the REF signal has not started, a return is immediately carried out to the routine of an AD translation termination interrupt.

(3) If the REF signal has started in S41, number-of-counts theta of whenever [ crank angle ] will be set as the 720 minus 120 (namely, 600) (S42). 120 is equivalent to whenever [ setting-angle / of the gas column distinction sensor 8 ].

(4) After a setup in S42 is completed, initialization of whenever [ crank angle ] is completed (S43). If initialization of whenever [ crank angle ] is performed, unless engine starting is performed next time, initialization which is whenever [ crank angle ] will not once be performed.

[0040] Next, with reference to the flow chart shown in drawing 11, the storing processing to the memory of the cylinder internal pressure data in S32 is explained. Drawing 11 is a flow chart which shows the storing processing to the memory of the cylinder internal pressure data in interrupt processing at the time of the AD translation termination which \*\* to drawing 9.

(1) Judge whether number-of-counts theta of whenever [ crank angle / which was initialized ] is 540 or more and less than 180 (S50). If number-of-counts theta of whenever [ crank angle ] is not contained within the limits of this, it shifts to S57. Whenever [ crank angle / of the gas column (#1) of  $i=1$  ] is the range corresponding to less than 180 degrees before and behind a compression top dead center, and the range of number-of-counts theta defined by S50 is range even like [ from a compression stroke ] an explosion line. Cylinder internal pressure in the meantime is important for ignition stage control, and is adopted as data.

(2) It is judged whether number-of-counts theta of whenever [ crank angle ] is 540 (S51). If this number-of-counts theta is 540, since it is the starting point of the range of above-mentioned number-of-counts theta, number-of-counts thetac (1) is cleared whenever [ classified by gas column / crank angle / which is defined as the number of counts of whenever / crank angle / about the gas column of  $i=1$  ], and it is referred to as 0 (S52). It is shown that one in a parenthesis is the number of counts whenever [ about the gas column of  $i=1$  / crank angle ]. Therefore, thetac (1) takes the values from 0 to 359.

(3) Let cylinder internal pressure  $P_c$  about the gas column of  $i=1$  (1) be the cylinder internal pressure  $P_c$  (thetac (1), 1) at the time of number-of-counts thetac (1) whenever [ classified by gas column / crank angle ] (S53).

(4) Judge whether number-of-counts thetac (1) is 359 whenever [ about the gas column of  $i=1$  / classified by gas column / crank angle ] (S54). That is, it judges whether it is the terminal point of the range whenever [ about the gas column of  $i=1$  / data collection crank angle ].

(5) Supposing thetac (1) is 359, since thetac (1) is after performing it from 0 to 359, storing of the cylinder internal pressure data about the gas column of  $i=1$  will already have ended it (S55).

(6) Supposing thetac (1) is not 359, since thetac (1) has not reached to a terminal point yet, it will set to new thetac (1) that from which only 1 increased the number of counts of thetac (1) corresponding to advancing 1 degree whenever [ crank angle ] (S56).

[0041] (7) Next, number-of-counts theta of whenever [ crank angle ] judges [ or more 0 ] whether it is less than 360 (S57). If number-of-counts theta of whenever [ crank angle ] is not contained within the limits of this, it shifts to S64. The corresponding range of whenever [ crank angle / of the gas column (#3) of the combustion sequence  $i=2$  ] is less than 180 degrees before and behind a compression top dead center, and the range of number-of-counts theta defined by S57 is range even like [ from the compression stroke ] an explosion line. Cylinder internal pressure in the meantime is required for ignition stage control, and it is adopted as data. Therefore, when number-of-counts theta of whenever [ crank angle ] is less than [ 0 or more ] 180, storing of the cylinder internal pressure data about the gas column (#1) of  $i=1$  and the gas column (#3) of  $i=2$  is performed.

(8) It is judged whether number-of-counts theta of whenever [ crank angle ] is 0 (S58). If this number-of-counts theta is 0, since it is the starting point of the range of above-mentioned number-of-counts theta, number-of-counts thetac (2) is cleared whenever [ classified by gas column / crank angle / which is defined as the number of counts of whenever / crank angle / about the gas column

(#3) of  $i=2$  ], and it is referred to as 0 (S59). Therefore,  $\theta_{c2}$  about the gas column of  $i=2$  takes the values from 0 to 359.

(9) Let cylinder internal pressure  $P_c(2)$  about the gas column of  $i=2$  at the time of number-of-counts  $\theta_{c2}$  be the cylinder internal pressure  $P_c(\theta_{c2}, 2)$  whenever [ classified by gas column / crank angle ] (S60).

(10) Judge whether number-of-counts  $\theta_{c2}$  is 359 whenever [ about the gas column of  $i=2$  / classified by gas column / crank angle ] (S61).

(11) Supposing  $\theta_{c2}$  is 359, since  $\theta_{c2}$  is after performing it from 0 to 359, storing of the cylinder internal pressure data about the gas column of  $i=2$  will already end it (S62).

(12) Supposing  $\theta_{c2}$  is not 359, since  $\theta_{c2}$  has not reached to a terminal point yet, it will set to new  $\theta_{c2}$  that from which only 1 increased the number of counts of  $\theta_{c2}$  corresponding to advancing 1 degree whenever [ crank angle ] (S63).

(13) henceforth --  $i$  -- also about the gas column (#4 and #2) of 3 and 4, carry out same processing and store cylinder internal pressure data in memory (S64).

[0042] Next, an update process of whenever [ crank angle ] is explained with reference to the flow chart shown in drawing 12. Drawing 12 R> 2 is a flow chart which shows an update process of whenever [ in interrupt processing at the time of the AD translation termination shown in drawing 9 / crank angle ]. The update process S33 of whenever [ crank angle ] is performed for every increment of  $\theta_{c2}$ .

(1) Increase one and update number-of-counts  $\theta_{c2}$  of whenever [ crank angle ] (S70).

(2) Judge whether number-of-counts  $\theta_{c2}$  is less than 720 (S71). Since the injection about four gas columns and ignition have not taken a round yet with [ number-of-counts  $\theta_{c2}$  ] 720 [ less than ], interrupt processing after AD translation termination is continued.

(3) With [ number-of-counts  $\theta_{c2}$  ] 720 [ or more ], reset number-of-counts  $\theta_{c2}$  to 0 (S72).

[0043] Next, with reference to the flow chart shown in drawing 13, the detail of the cylinder internal pressure processing under Main processing of DSP shown in drawing 8 (S21) is explained.

Drawing 13 is a flow chart which shows the cylinder internal pressure processing in the Main processing of DSP shown in drawing 8.

(1) Judge whether the cylinder internal pressure data storage of the gas column (#1) of the combustion sequence  $i=1$  performed in S55 of drawing 11 is completed (S80). If the cylinder internal pressure data storage of the gas column (#1) of  $i=1$  is not completed, it judges whether it shifted to S84 and the cylinder internal pressure data storage of the gas column (#3) of  $i=2$  is completed.

(2) By the judgment of S80, after the cylinder internal pressure data storage of the gas column of  $i=1$  is completed, perform filtering to data (S81). Since cylinder internal pressure data are changed sharply, they perform filtering, such as taking the moving average, remove a noise, and obtain a smooth cylinder internal pressure curve (refer to drawing 2).

[0044] (3) Calculate a heat rate  $q$  from the obtained pressure curve (S82). A heat rate  $q$  is searched for as follows. First, cylinder content volume  $V_{\theta}$  is expressed with the following formula.

[Equation 1]

$$V_{\theta} = V_c + \pi \times \frac{B^2}{4} \times \left\{ L + \frac{S}{2} - \left( \frac{S}{2} \cos \theta_c + \sqrt{L^2 - \left( \frac{S}{2} \cos \theta_c \right)^2} \right) \right\}$$

Here, for  $V_c$ , a clearance volume [m<sup>3</sup>] and  $S$  are [ connecting rod die length [m] and  $\theta_{c2}$  of a piston stroke [m] and  $L$  ] whenever [ crank angle ] (deg). Although this cylinder content volume  $V_{\theta}$  and the differential value according to  $\theta_{c2}$  whenever [ that crank angle ] may be calculated on real time whenever  $\theta_{c2}$  is updated whenever [ crank angle ], it may be begun serially to read them from the map data which asked by count beforehand and were stored in memory. Moreover, whenever [ cylinder internal pressure  $P_c$  and its crank angle ], a sensor detects the differential value by  $\theta_{c2}$  and it is acquired by processing by DSP. Heat rate  $q = dQ/d\theta_{c2}$  is called for by the following formula.

[Equation 2]

$$q = \frac{dQ}{d\theta_c} = \frac{1}{\kappa - 1} \left( v\theta \cdot \frac{dP\theta}{d\theta_c} + \kappa \cdot P\theta \cdot \frac{dv\theta}{d\theta_c} \right)$$

Here, the upper formula is calculated on real time noting that the ratio of specific heat kappa is fixed.

(4) Calculate qmax (1) which is the peak value of the heat rate produced by pilot injection, i.e., a pilot heat rate, based on the result of the heat rate q calculated by S82 (S83). About the detail of count of peak value qmax (1) of a pilot heat rate, it mentions later.

[0045] (5) If the cylinder internal pressure data storage of the gas column (#1) of the combustion sequence i= 1 is not completed, judge whether the cylinder internal pressure data storage of the gas column (#3) of i= 2 is completed (S84). Since it is the same as that of S80-S83, each step of filtering after S84 (S85), count (S86) of a heat rate q, and count (S87) of peak value qmax (2) of a pilot heat rate is skipped. Similarly, processing with the same said of the gas column (#4) of i= 3 and the gas column (#2) of i= 4 is performed. In addition, processing of drawing 13 is in the condition with which storing of the cylinder internal pressure data of a part finished 10 combustion lines of each gas column as interruption of whenever [ crank angle ], and each step of filtering, count of a heat rate, and count of pilot heat rate peak value qmax (i) is performed.

[0046] Although the target fuel oil consumption Qb corresponding to accelerator opening, an engine speed, etc. which are in a current engine operation condition is calculated from the fuel characteristics-of-spray-amount map beforehand decided based on accelerator opening, an engine speed, etc. as already explained Pilot injection In carrying out, further, the pilot fuel oil consumption (it abbreviates to the pilot injection quantity hereafter) Qp is calculated from this target fuel oil consumption Qb and engine speed, and it divides the target fuel oil consumption Qb into the pilot injection quantity Qp and the Main fuel oil consumption (it abbreviates to the Main injection quantity hereafter) Qm. Correlation as shown in drawing 18 is between the pilot injection quantity Qp and pilot heat rate peak value qmax. That is, if the rate of the pilot injection quantity Qp occupied to the target fuel oil consumption Qb is enlarged, while pilot heat rate peak value qmax becomes high, the heat rate peak by the Main injection will become low. In the heat rate q shown in drawing 18, it is most desirable to perform pilot injection so that change shown with a broken line may be produced. when an engine is in idling operational status, pilot heat rate peak value turns into target peak value set up beforehand -- as -- the electromagnetism of an injector 3 -- even if it amends the pilot injection pulse width which drives an actuator 16 and variation and aging are in the injection property of an injector 3, the optimal pilot injection and its combustion are made to perform

[0047] Next, with reference to drawing 14, count of pilot heat rate peak value qmax (i) is explained. Drawing 14 is a flow chart which shows the computation of pilot heat rate peak value qmax (i) in the cylinder internal pressure processing shown in drawing 13. i is the combustion number which can take the value of 1-4, and common processing is performed to i value each.

(1) in order to carry out pilot injection -- the electromagnetism of an injector 3 -- in order to consider Main injection as the initiation stage (it abbreviates to pilot fuel injection timing hereafter) Tp of the pulse supplied to an actuator 16 -- the electromagnetism of an injector 3 -- read the initiation stage (it abbreviates to Main fuel injection timing) Tm of the pulse supplied to an actuator 16, and an engine speed Ne from dual port memory 16 (S90). These data are processed by CPU14 and written in the dual port memory 16 which is RAM.

(2) Calculate initiation delay thetaa (crank angle) showing the delay by the stage to start count of pilot heat rate peak value qmax (i) from the pilot fuel injection timing Tp of a count period (S91). Initiation delay thetaa of a count period is beforehand decided to become smaller than the value or it which added ignition-delay alpha to injection-lag thetai of an injector 3, as shown in drawing 19. Injection-lag thetai is time amount regularity mostly, and since ignition-delay alpha changes with engine speeds Ne, initiation delay thetaa of a count period becomes map data which make an engine speed Ne a variable.

(3) Calculate count initiation include-angle thetas of pilot heat rate peak value qmax by the following formula from the pilot fuel injection timing Tp and initiation delay thetaa (S92). In addition, the pilot fuel injection timing Tp doubles the dimension with whenever [ crank angle ].

Count period termination delay thetab of pilot heat rate peak value qmax is calculated from the theta

$s < -T_p + \theta_a$  (4) Maine fuel injection timing  $T_m$  (S93). count period termination delay  $\theta_{tab}$  -- the Maine injection sake -- the electromagnetism of an injector -- it is calculated as a period equivalent to the sum of an injection lag until the Maine injection is injected from the Maine fuel injection timing  $T_m$  equivalent to the standup of the driving pulse supplied to an actuator, and ignition-delay  $\beta$  by the stage which the fuel injected by the Maine injection lights. Since ignition-delay  $\beta$  is dependent on an engine speed  $N_e$ , count period termination delay  $\theta_{tab}$  becomes map data which make an engine speed  $N_e$  a variable.

(5) From the Maine fuel injection timing  $T_m$  and count period termination delay  $\theta_{tab}$ , count termination include-angle  $\theta_{tae}$  of pilot heat rate peak value  $q_{max}$  is calculated by the following formula (S94). In addition, the pilot fuel injection timing  $T_p$  doubles the dimension with whenever [ crank angle ].

$\theta_{tae} < -T_m + \theta_{tab}$  (6) Pilot heat rate peak value  $q_{max}$  as maximum in the count include-angle period from  $\theta_{tas}$  to  $\theta_{tae}$  is calculated by count, and it writes in dual port memory 16 (S95). In addition, the relation between count section initiation delay  $\theta_{taa}$ , count section termination delay  $\theta_{tab}$ , and an engine speed is shown in the graph of drawing 20. Generally, if an engine speed increases, whenever [ as delay / crank angle / appearing ] will tend to become small.

[0048] The count of pilot heat rate peak value  $q_{max}$  shown by S95 is explained with reference to drawing 15. Drawing 15 is a flow chart which shows count of pilot heat rate peak value  $q_{max}$  (i) in the count of pilot heat rate peak value  $q_{max}$  shown in drawing 14.

(1) Place starting point  $\theta_{tas}$  of a count include-angle period with  $\theta_{tamax}$ , and place the heat rate  $q$  in starting point  $\theta_{tas}$  ( $\theta_{tas}$ ) with  $q_{max}$  (S100).

(2) Consider what added 1 degree of increments to  $\theta$  whenever [ crank angle ] as whenever [ new crank angle /  $\theta$  ] (S101).

(3) The heat rate  $q$  at the time of  $\theta$  ( $\theta$ ) judges whether it is size from the last heat rate  $q$  ( $\theta_{-1}$ ) whenever [ new crank angle ] (S102).

(4) From a heat rate  $q$  ( $\theta_{-1}$ ), when a heat rate  $q$  ( $\theta$ ) is size, while it replaces  $q_{max}$  according to the heat rate  $q$  at the time of  $\theta$  ( $\theta$ ) whenever [ new crank angle ], it replaces  $\theta_{tamax}$  by  $\theta$  whenever [ new crank angle ] (S103).

(5) After the replacement by S103 finishes when a heat rate  $q$  ( $\theta$ ) is below the heat rate  $q$  ( $\theta_{-1}$ ) in the judgment of S102 or, judge whether  $\theta$  is below terminal point  $\theta_{tae}$  of a count include-angle period whenever [ crank angle ] (S104). When  $\theta$  has not reached terminal point  $\theta_{tae}$  of a count include-angle period yet whenever [ crank angle ], it returns to S101 and the above-mentioned processing is repeated. If  $\theta$  reaches terminal point  $\theta_{tae}$  of a count include-angle period whenever [ crank angle ], it will return to the flow of count of the pilot heat rate peak  $q_{max}$  shown in drawing 14.

[0049] next, if pilot heat rate peak value  $q_{max}$  (i) can be found, pilot heat rate peak value  $q_{max}$  (i) is in agreement with the desired value decided beforehand with the flow chart shown in drawing 14 - drawing 15 -- as -- the electromagnetism of each injector 3 -- the driving pulse width of face supplied to an actuator 16 is amended. The injector 31 with which the combustion sequence  $i$  was formed in gas column #1 which is 1 in the correction processing is taken for an example, and is explained below. In addition, since it restricts to 1 about the combustion sequence  $i$  here, it omits for the simplification of a display. Drawing 16 is a flow chart which shows amendment processing of the driving pulse width of face for pilot injection in drive processing of the injector 31 in BTDC signal interrupt processing shown in drawing 7. As a premise of amendment processing of this driving pulse width of face for pilot injection, REF interrupt processing is started synchronizing with the gas column distinction REF signal shown in drawing 6, the counter CNb for gas column distinction shall be reset, BTDC signal interrupt processing shall be further started synchronizing with the BTDC signal shown in drawing 7, and the gas column which injects a fuel according to the value of the counter CNb for gas column distinction shall be judged.

(1) The conditions of the fuel injection which should inject a fuel with the corresponding injector are read (S110). The conditions of fuel injection are fuel injection pressure (namely, common-rail-pressure force  $P_{cr}$ ), the Maine fuel oil consumption  $Q_m$ , the pilot fuel oil consumption  $Q_p$ , the Maine fuel injection timing  $T_m$ , and the pilot fuel injection timing  $T_p$ .

(2) Judge whether current and the pilot injection quantity  $Q_p$  are 0 (S111). since it is not necessary to

calculate pilot heat rate peak value  $q_{max}$  when the pilot injection quantity  $Q_p$  is 0, in order to shift to S119 and to perform Maine injection -- the electromagnetism of an injector 31 -- it asks for the driving pulse width of face (it abbreviates to the Maine injection pulse width hereafter) supplied to an actuator 66 (refer to the drawing 2121 ).

(3) When the pilot injection quantity  $Q_p$  is not 0, judge whether engine operational status is idle operational status (S112). Since many problems (destabilization of operation, the noise, exhaust gas property) in accordance with an engine operation condition being idle operation do not become remarkable especially when engine operational status is not idle operational status, it shifts to S116 and fuel-injection control accompanied by pilot injection is performed succeedingly.

(4) When engine operational status is idle operational status, calculate target pilot heat rate peak value  $q_{bmax}$  according to the pilot injection quantity  $Q_p$ , the pilot fuel injection timing  $T_p$ , etc. at that time (S113).

[0050] (5) Calculate deflection  $\Delta q_{max}$  of the pilot heat rate value peak  $q_{max}$  of an injection gas column (#1) and target pilot heat rate peak value  $q_{bmax}$  which ask by S103 and are memorized by dual port memory 16 (refer to drawing 4 ) (S114). in order [ namely, ] to perform pilot injection about the gas column which carries out  $\Delta q_{max} = q_{bmax} - q_{max}$  (6) relevance -- the electromagnetism of an injector 31 -- suppose that amount of amendments  $\Delta PW_p$  of the driving pulse width of face (it abbreviates to pilot injection pulse width hereafter)  $PW_p$  supplied to an actuator 66 (R> drawing 21 1 reference) is calculated. The value which multiplied deflection  $\Delta q_{max}$  obtained by S114 by gain like the following formulas is added to amount of amendments  $\Delta PW_p$  calculated last time [ of the pilot injection pulse width  $PW_p$  ], and this amount of pilot injection pulse width amendments  $\Delta PW_p$  is calculated (S115). This processing can perform integral control of pilot injection pulse width.

$\Delta PW_p < -\Delta PW_p + \Delta q_{max} \times G_p$  -- here,  $G_p$  is gain.

(7) Ask for the pilot injection pulse width  $PW_p$  from fuel injection pressure  $P_{cr}$ , the pilot injection quantity  $Q_p$ , and injector flow characteristics (S116). Subsequent processings are performed also when an engine is not idle operation.

(8) Calculate last pilot injection pulse width  $PW_{pf}$  by adding this amount of pilot injection pulse width amendments  $\Delta PW_p$  calculated by S115 to the pilot injection pulse width  $PW_p$  for which it asked by S116 (S117).

the electromagnetism of the  $PW_{pf} < -PW_p + \Delta PW_p$  (9) injector 31 -- the injection pulse width corresponding to last pilot injection pulse width  $PW_{pf}$  calculated in the pilot fuel injection timing  $T_p$  and S117 read into the driving pulse output counter for pilot injection (not shown) which outputs the driving pulse for driving an actuator as an object for pilot injection by S110 is set (S118).

(10) Since the pilot injection pulse width  $PW_p$  is amended, the pilot injection quantity  $Q_p$  read by S110 and different injection quantity are injected in fact. Therefore, in order not to change the total fuel injection quantity as the sum of pilot injection and the Maine injection, the Maine injection pulse width  $PW_m$  is calculated from fuel injection pressure and the last pilot injection quantity corresponding to last pilot injection pulse width  $PW_{pf}$  (S119).

(11) the electromagnetism of an injector 31 -- set the injection pulse width corresponding to the Maine injection pulse width  $PW_m$  for which it asked in the Maine fuel injection timing  $T_m$  and S119 read into the driving pulse output counter for the Maine injection (not shown) which outputs the driving pulse for driving an actuator 66 as an object for the Maine injection by S110 (S120).

[0051] As mentioned above, since computed pilot heat rate peak value  $q_{max}$  (i) amends the driving pulse width of face for pilot injection so that it may be in agreement with the target pilot heat rate peak  $q_{bmax}$  (i), in pilot injection, optimal pilot heat rate peak value  $q_{max}$  according to the operational status of the engine at that time can be obtained. Therefore, it can prevent that phenomena, such as aggravation of operation of an unstable engine, the engine noise, and the exhaust gas engine performance, arise like [ in case especially an engine is idle operational status ].

[0052] Next, with reference to drawing 17 , count of the real fuel ignition stage  $T_d$  (i) and ( drawing 2 ) which used the data of a heat rate is explained. Drawing 17 is a flow chart which shows the computation which asks for the real fuel ignition stage  $T_d$  (i) from the heat rate searched for in the cylinder internal pressure processing shown in drawing 13 . Common processing is performed to each combustion sequence i (the value of 1-4 can be taken). Moreover,  $\theta_{tac}$  is the counted value of

whenever [ crank angle / of the compression expansion process of each gas column ], and an explosion line counts whenever [ 180-degree crank angle / of the range ] to 0-359 before and behind a top dead center. This flow chart is performed when  $\theta_{ac}$  is three or more, as shown in S130. In S83 or S86 grade, the heat rate  $q$  is already searched for. Moreover, the graph of the heat rate  $q$  over counted value  $\theta_{ac}$  of whenever [ crank angle / which is shown in drawing 24 ] is referred to. In addition, the real fuel ignition stage  $T_d(i)$  is data on dual port memory 16 (refer to drawing 4 ).

(1) Judge whether  $q(i)$  and  $(\theta_{ac}-3)$  are negative about the gas column in which combustion sequence  $i$  at that time, i.e., ignition and combustion of a fuel, is performed (S131).

(2) If  $q(i)$  and  $(\theta_{ac}-3)$  are negative, it will judge whether  $q(i)$  when counted value  $\theta_{ac}$  of whenever [ crank angle / of the gas column concerned ] progresses only in one count, and  $(\theta_{ac}-2)$  are negative (S132).

(3) If  $q(i)$  and  $(\theta_{ac}-2)$  are negative, it will judge whether  $q(i)$  when counted value  $\theta_{ac}$  of whenever [ crank angle / of the gas column concerned ] progresses only in further 1 count, and  $(\theta_{ac}-1)$  are forward (S133).

(4) If  $q(i)$  and  $(\theta_{ac}-1)$  are forward, it will judge whether  $q(i)$  and  $(\theta_{ac})$  when counted value  $\theta_{ac}$  of whenever [ crank angle / of the gas column concerned ] progresses only in further 1 count are forward (S134).

[0053] (5) If  $q(i)$  and  $(\theta_{ac})$  are forward, the real fuel ignition stage  $T_d(i)$  will presuppose that it is  $\theta_{ac}-2$  (S135). That is, since the sign of a heat rate  $q$  is changing by the counted value of whenever [ four continuous crank angle ] between  $\theta_{ac}-2$  which it is at the middle time, and  $\theta_{ac}-1$ , it is considered that the real fuel ignition stage  $T_d(i)$  is  $\theta_{ac}-2$ . In practice, since a zero crossing point is between  $\theta_{ac}-2$  and  $\theta_{ac}-1$ , it may interpolate and you may ask for a zero crossing point. Moreover, when the precision of an operation is good, you may ask for the time of a sign just changing from negative by two points of order as a zero crossing point.

(6) When  $q(i)$  and  $(\theta_{ac}-3)$  are forward in S121 and  $q(i)$  and  $(\theta_{ac}-2)$  are forward in S132, When  $q(i)$  and  $(\theta_{ac}-1)$  are negative in S133, and when  $q(i)$  and  $(\theta_{ac})$  are negative in S134, let the real fuel ignition stage  $T_d(i)$  be the stage of the count ignition 0 whenever [ crank angle ], respectively (S136). That is, only when the sign of  $q$  changes between  $\theta_{ac}-2$  and  $\theta_{ac}-1$ , the real fuel ignition stage  $T_d(i)$  is called for by S135, and the real fuel ignition stage  $T_d(i)$  is altogether set to 0 in the other situation.

(7) Judge whether the real fuel ignition stage  $T_d(i)$  is 0 (S137).

(8) Increase counted value  $\theta_{ac}$  of whenever [ crank angle ] by 1 \*\*\*\*\* as the real fuel ignition stage  $T_d(i)$  is 0 (S138).

(9) Judge whether there is counted value  $\theta_{ac}$  of whenever [ crank angle ] by 360 (S139). That is, it judges whether it is the counted value of the last of the range which  $\theta_{ac}$  can take. If  $\theta_{ac}$  still is not 360, it will return to S131 and a routine will be performed again.

[0054] If the fuel which fuel injection was performed and was injected at time of day  $T_0$  when drawing 2 was referred to again is lit, the rise of the cylinder internal pressure  $P_c$  will become loose a little, and will increase greatly with subsequent ignition. Although it was difficult to judge correctly whenever [ crank angle / which a fuel lights ] from this cylinder internal pressure  $P_c$  that goes abruptly up, if its attention is paid to a heat rate  $q$ , it can ask for a real fuel ignition stage correctly as mentioned above. That is, although 1 \*\* shows a negative heat rate by endoergic as shown in the graph of the heat rate  $q$  of the lower berth when a fuel is injected by the combustion chamber at the rate  $R_f$  of fuel injection shown in the graph of the middle of drawing 2 , it changes to a forward heat rate after that. the beginning when, as for the heat rate  $q$ , fuel injection was performed -- some -- negative -- becoming (based on evaporation of a fuel) -- a real fuel ignition stage can be easily set by considering that the zero cross time of day  $T_1$  which changes to an increment and a heat rate  $q$  just changes from negative with ignition of a fuel is the fuel ignition stage  $T_d$  (ignition stage of the fuel injected by pilot injection when pilot injection was performed). In addition, the period from time of day  $T_0$  to time of day  $T_d$  is equivalent to the ignition-delay period of a fuel. If the real fuel ignition stage  $T_d(i)$  can be found, the fuel injection timing in each injector will be corrected so that a real fuel ignition stage may be in agreement with the target fuel ignition stage called for according to operational status. Since it is not just going to consider as the object of this invention, concrete correction processing of fuel injection timing is omitted.

[0055] If the contents of the above flow chart are summarized with reference to drawing 3, four graphs of the upper case of drawing 3 express change of the cylinder internal pressure  $P_c$  accompanying progress of  $\theta$  whenever [ crank angle / of gas column #1-#4 ], respectively. # Greet like a compression explosion line one after another in order of a 1 cylinder, # 3 cylinder, # 4-cylinder, and # 2 cylinder. When a certain gas column passes like an explosion line, the following gas column is contained in the compression stroke. Moreover, a BTDC signal is outputted at 60 degrees in front of the compression top dead center of each gas column. Since counted value  $\theta$  of whenever [ crank angle ] is 0 and is a four stroke cycle engine in the compression top dead center of # 1 cylinder, it takes a round of the crankshaft 2 rotation 719, i.e., counted value. # About a 1 cylinder, carry out to 180 degrees, i.e., counted value, in front of a compression top dead center, it is 540 or more and carry out to 180 degrees, i.e., counted value, behind a compression top dead center, and when it is less than 180, store the cylinder internal pressure data of # 1 cylinder. Based on the stored data, MENN processing is calculated in the predetermined time amount of 180 degrees behind a compression top dead center, and injection valve drive processing of an injector 31 is performed based on a next BTDC interrupt signal. moreover, as the heat rate peak  $q_{max}$  by ignition and combustion of the fuel injected by pilot injection in the count section as shown in drawing 19 is searched for and it is shown in drawing 18, the optimal pilot heat rate peak value used as a target is maintained -- as -- the electromagnetism of an injector -- pilot fuel injection timing and driving pulse width of face of an actuator are controlled.

[0056]

[Effect of the Invention] Since the pilot injection-quantity control approach of the engine by this invention and its equipment are constituted as mentioned above, they do the following effectiveness so. that is, individual difference is in each injector, or even if it is a case even if it is the same injector, so that pilot characteristics of spray amount may be changed by aging, a pilot heat rate peak serves as desired value according to operational status, such as idle operation at that time, -- as -- the electromagnetism of an injector -- the driving pulse width of face of an actuator is amended. Since the injection and ignition of a fuel by which pilot injection is carried out where the variation in the pilot injection quantity was controlled and the optimal pilot injection quantity is maintained are performed, increase of the amount of NOx contained in exhaust gas or a smoke is not caused. As a result of being in the situation that engine operational status tends to become unstable originally, in engine idling operational status since the engine speed is low, but also stabilizing combustion by the subsequent Main fuel injection and securing engine good operational status especially in the pilot injection-quantity control approach of the engine by this invention, and its equipment if combustion by pilot injection is stabilized since the variation in pilot injection \*\*\*\* is mitigated, the exhaust-gas engine performance is maintained good. Consequently, while operation of an engine does not become unstable and the engine noise is controlled, aggravation of exhaust gas engine performance, such as generating of NOx, can be prevented.

---

[Translation done.]

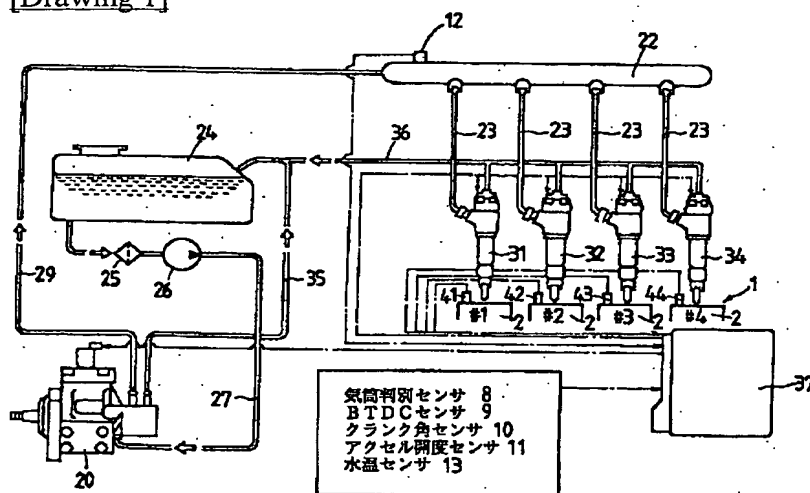
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

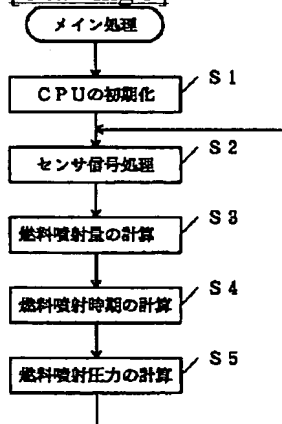
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

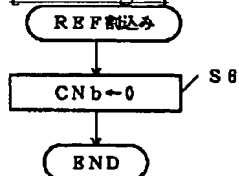
[Drawing 1]



[Drawing 5]

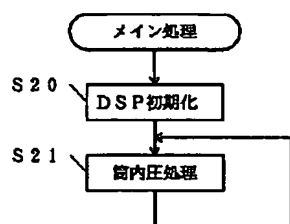


[Drawing 6]

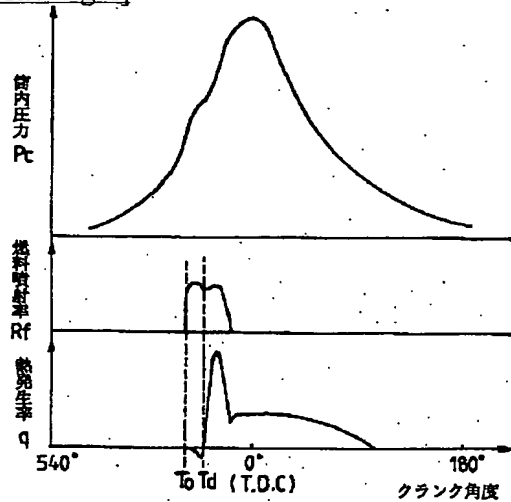


[Drawing 8]

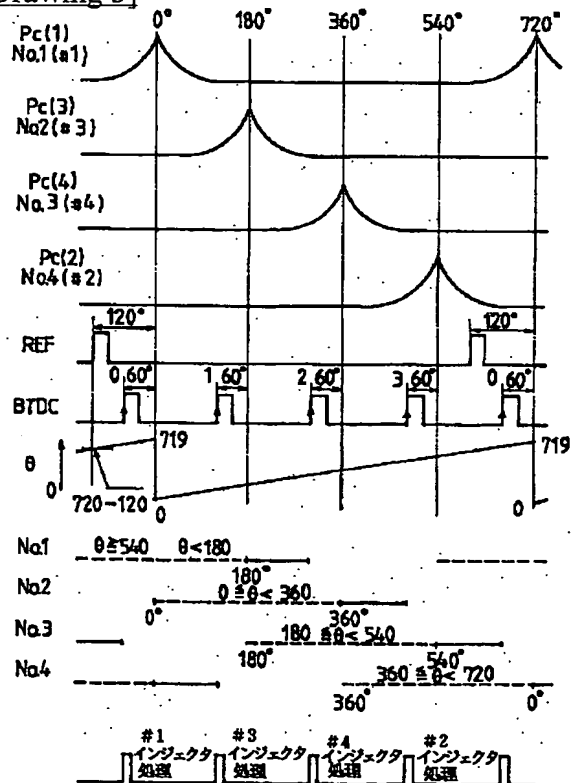




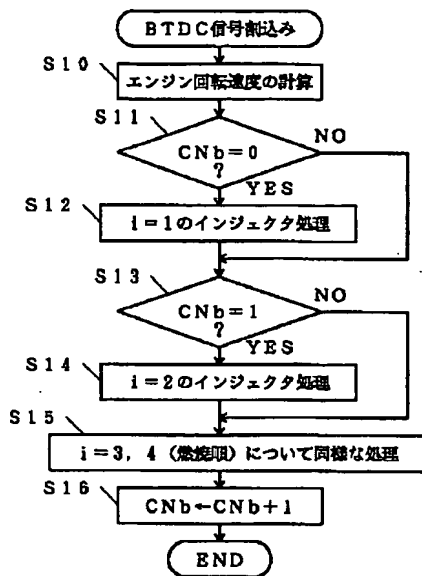
[Drawing 2]



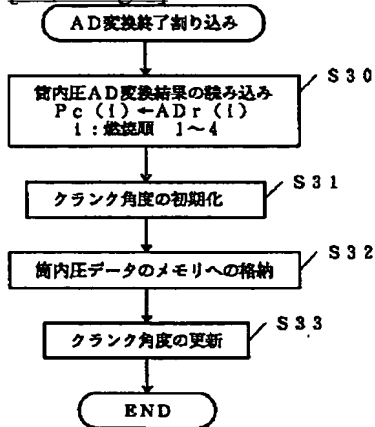
[Drawing 3]



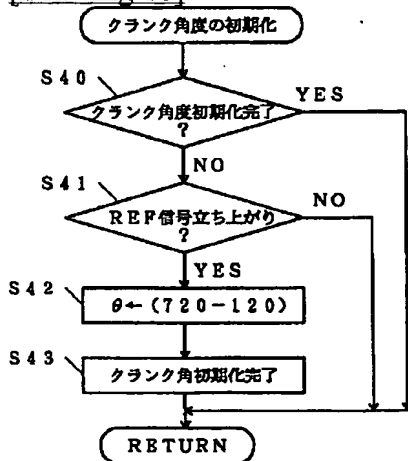
[Drawing 7]



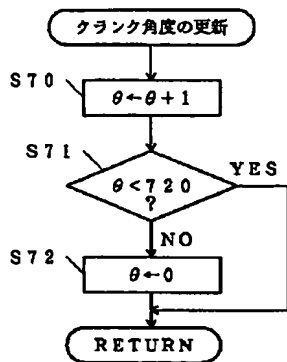
[Drawing 9]



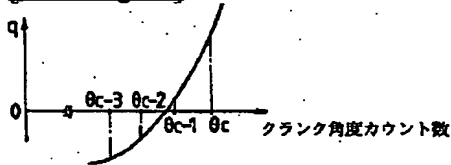
[Drawing 10]



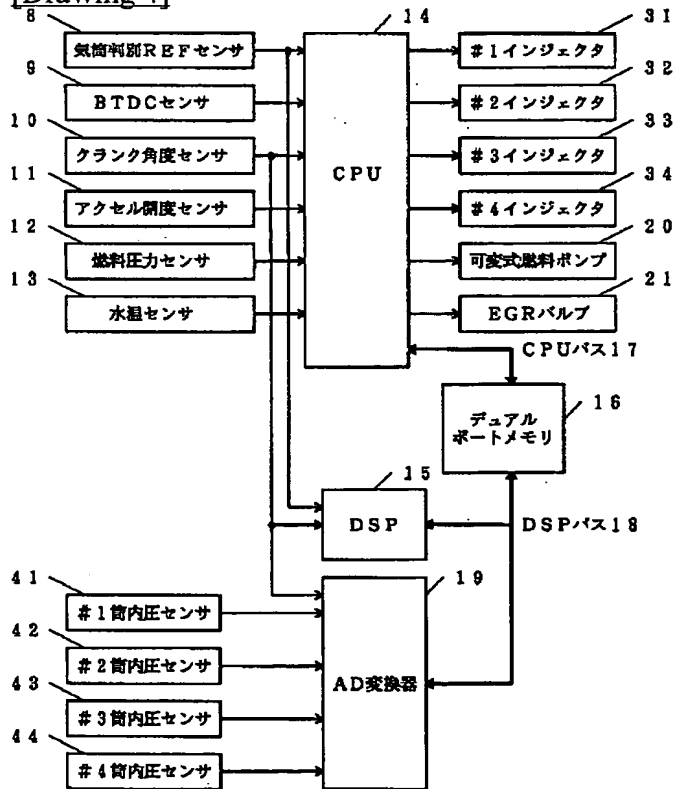
[Drawing 12]



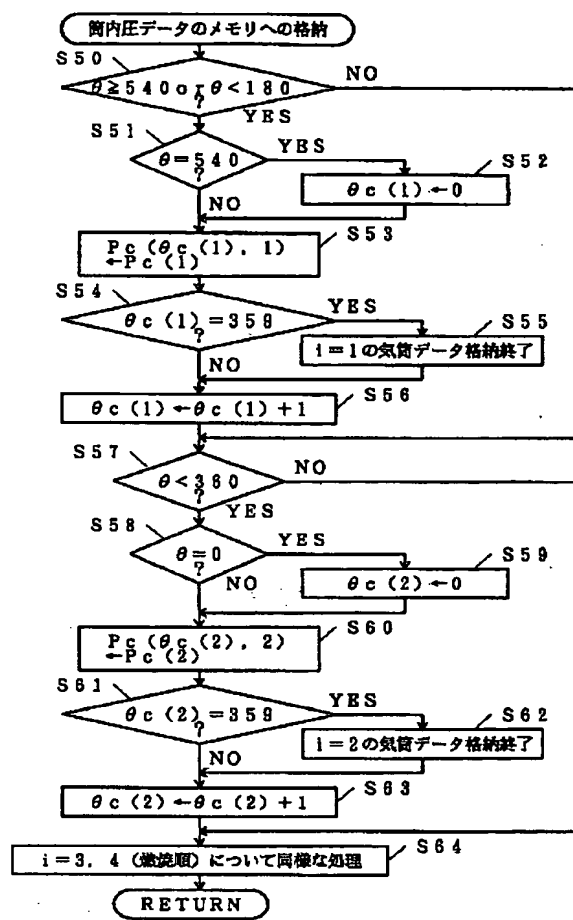
[Drawing 24]



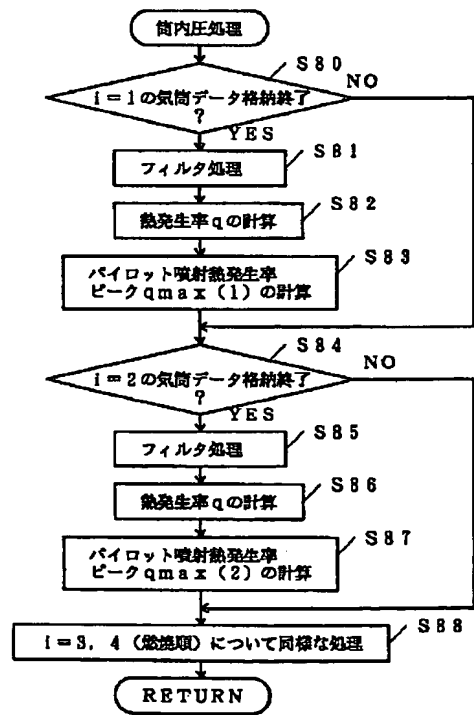
[Drawing 4]



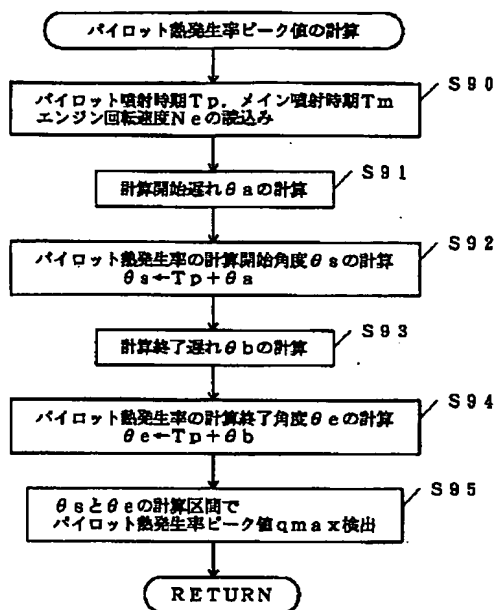
[Drawing 11]



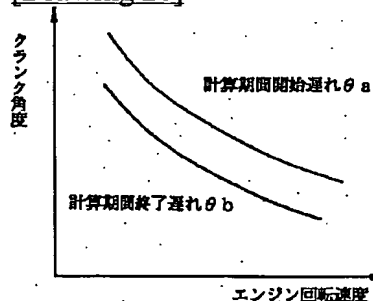
[Drawing 13]



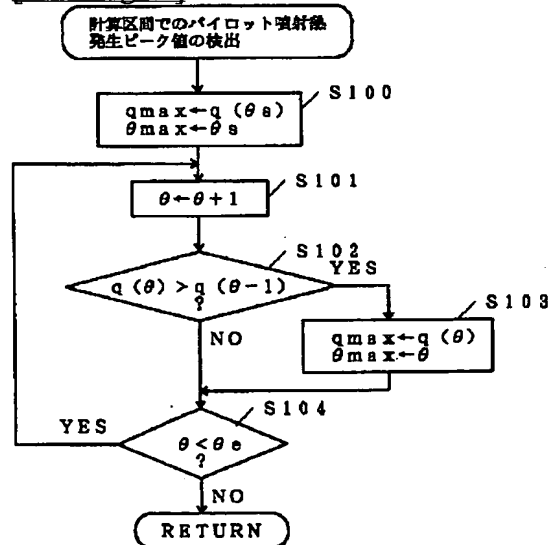
[Drawing 14]



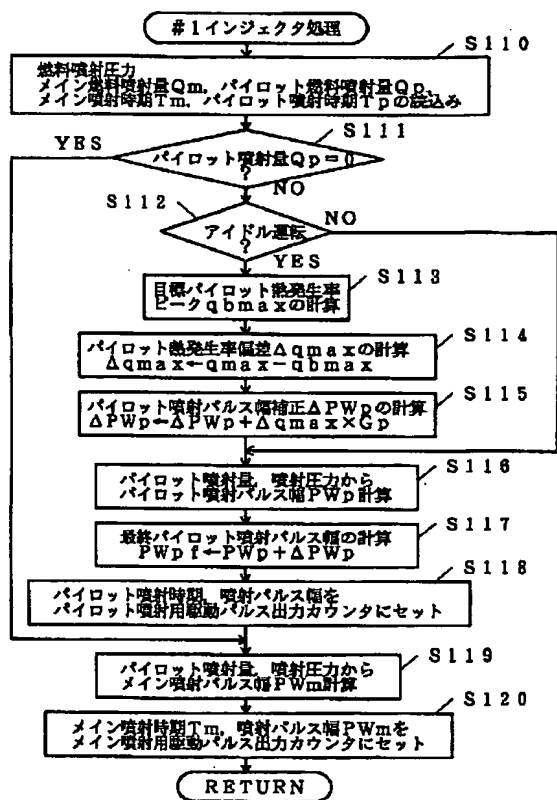
[Drawing 20]



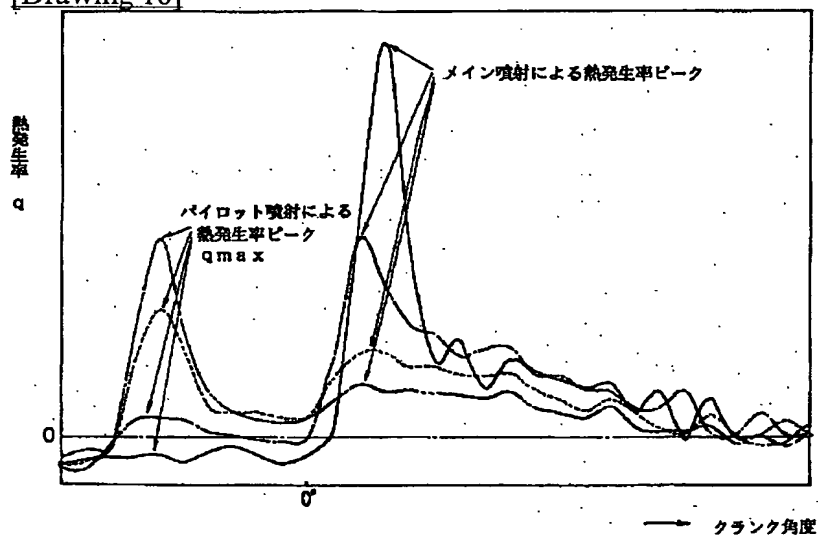
[Drawing 15]



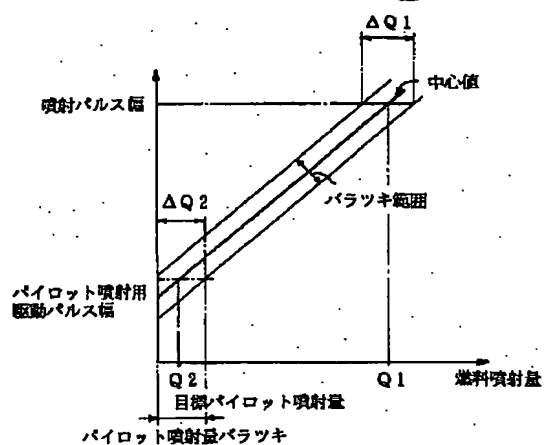
[Drawing 16]



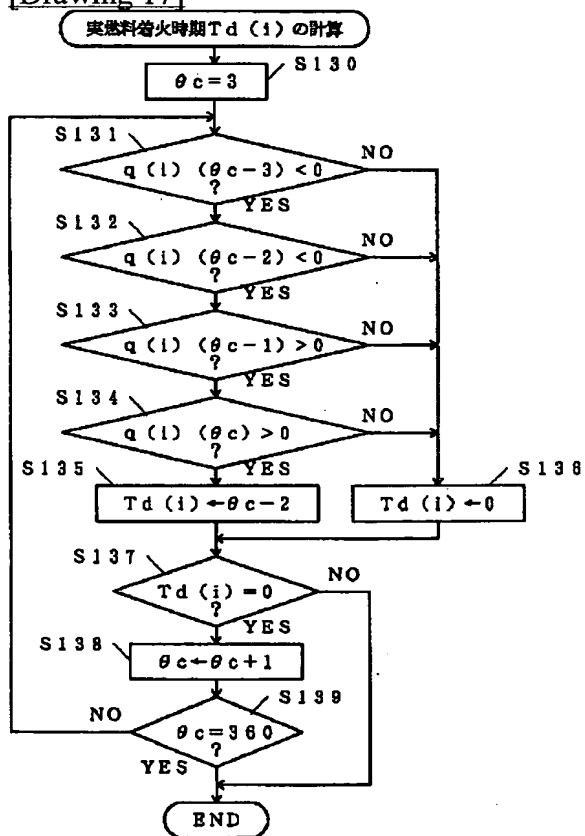
[Drawing 18]



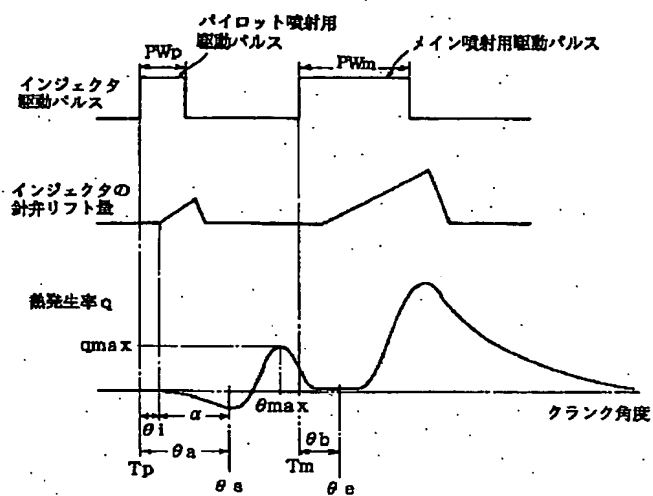
[Drawing 23]



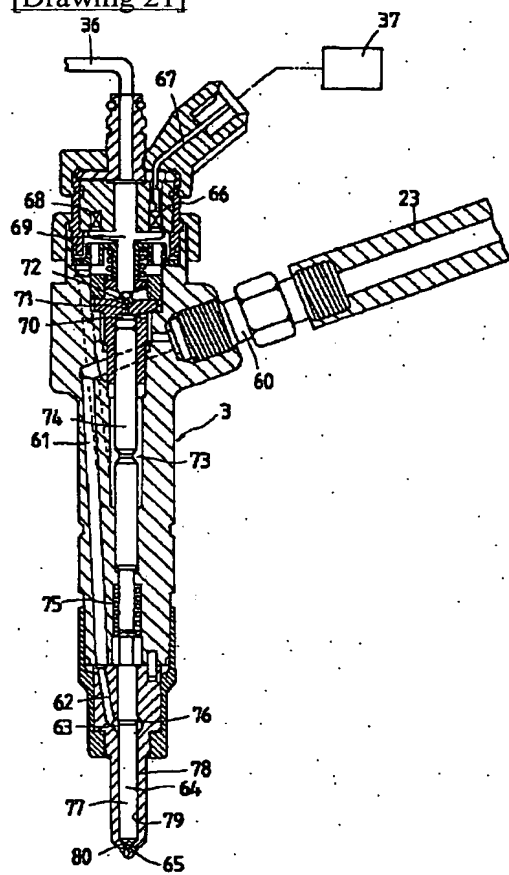
[Drawing 17]



[Drawing 19]

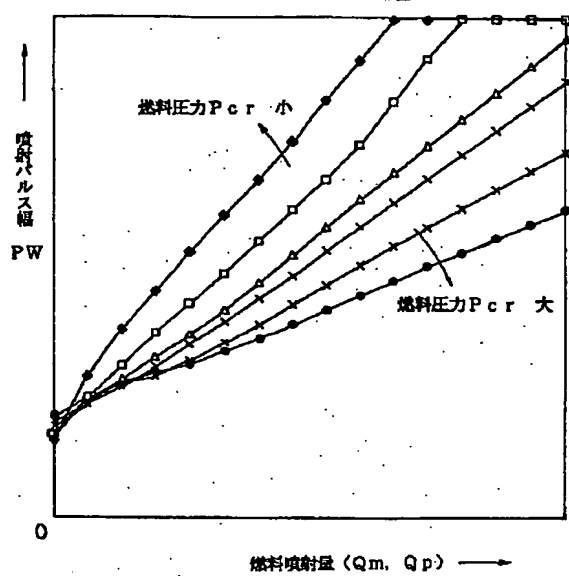


[Drawing 21]



[Drawing 22]





[Translation done.]